

मराठीचा विकास : महाराष्ट्राचा विकास

राज्य मराठी विकास संस्थेद्वारे संगणकीकृत



नोंदणी क्रं. एफ.१६०९४(मुंबई)





महाराष्ट्र शासन
मराठी भाषा विभाग
राज्य मराठी विकास संस्था
एल्फिन्स्टन तांत्रिक विद्यालय, ३, महापालिका मार्ग,
धोबीतलाव, मुंबई – ४००००१ दूरध्वनी : (०२२) २२६३१३२५ / २२६५३९६६
संकेतस्थळ https://rmvs.marathi.gov.in इ-पत्ता rmvs_mumbai@yahoo.com

निवेदन

राज्य मराठी विकास संस्था, मुंबई ही महाराष्ट्र शासनाने स्थापन केलेली स्वायत्त संस्था आहे. मराठी भाषा विभागाच्या पत्राप्रमाणे (संदर्भ क्र. मसंस २०१६/प्र.क्र.११५/२०१६/भाषा-२, दि. ३ जानेवारी, २०१७) राज्य मराठी विकास संस्थेद्वारे '**महाराष्ट्रातील मराठी संशोधन मंडळ/ संस्थांना अर्थसाहाय्य योजना**' कार्यान्वित करण्यात आली असून या योजनेअंतर्गत महाराष्ट्रातील मराठी भाषा, साहित्य व संस्कृती वृद्धिंगत होण्यासाठी काम करणाऱ्या महाराष्ट्रातील मान्यताप्राप्त मंडळ/ संस्थांना अर्थसाहाय्य करण्यात येते.

सदर प्रकल्पांतर्गत प्राज्ञपाठशाळामंडळ, वाई यांना राज्य मराठी विकास संस्थेद्वारे नवभारत मासिकांचे ऑक्टोबर १९४७ ते सप्टेंबर २०१७ पर्यंतच्या अंकांचे संगणकीकरण करून ते सार्वजनिकरीत्या आणि विनामूल्य उपलब्ध करून देण्यासाठी अर्थसाहाय्य करण्यात आले होते. याअंतर्गत सदर अंकांचे संगणकीकरण करण्यात आले असून **प्राज्ञपाठशाळामंडळ, वाई यांनी हे अंक जतन केलेले असल्यामुळेच आपल्याला संगणकीय स्वरूपात उपलब्ध होत आहेत**.

या अंकांच्या पीडीएफ प्रती आपण विनामूल्य उतरवून घेऊ शकता. असे करताना खालील सूचना लक्षात घेऊन त्यांचे पालन करावे.

१. सदर ग्रंथांच्या पीडीएफ प्रती या वैयक्तिक वापरासाठी विनामूल्य उतरवून घेता येतील तसेच इतरांनाही विनामूल्य देता येतील. पण कोणत्याही कारणासाठी त्याचा व्यावसायिक वापर करता येणार नाही.
२. सदर ग्रंथांचे दुवे इतरांना देताना त्यासाठी कोणतीही रक्कम आकारता येणार नाही.
३. पीडीएफ प्रतींवर असलेली राज्य मराठी विकास संस्था, मुंबई व प्राज्ञपाठशाळामंडळ, वाई यांची मुद्रा आपणास काढता येणार नाही.
४. आपल्या अभ्यासासाठी, संशोधनासाठी या सामग्रीचा उपयोग करताना आपण योग्य तो श्रेयनिर्देश केला पाहिजे.

वरील अटींचा भंग झालेला आढळल्यास कायदेशीर कारवाई करण्यात येईल.

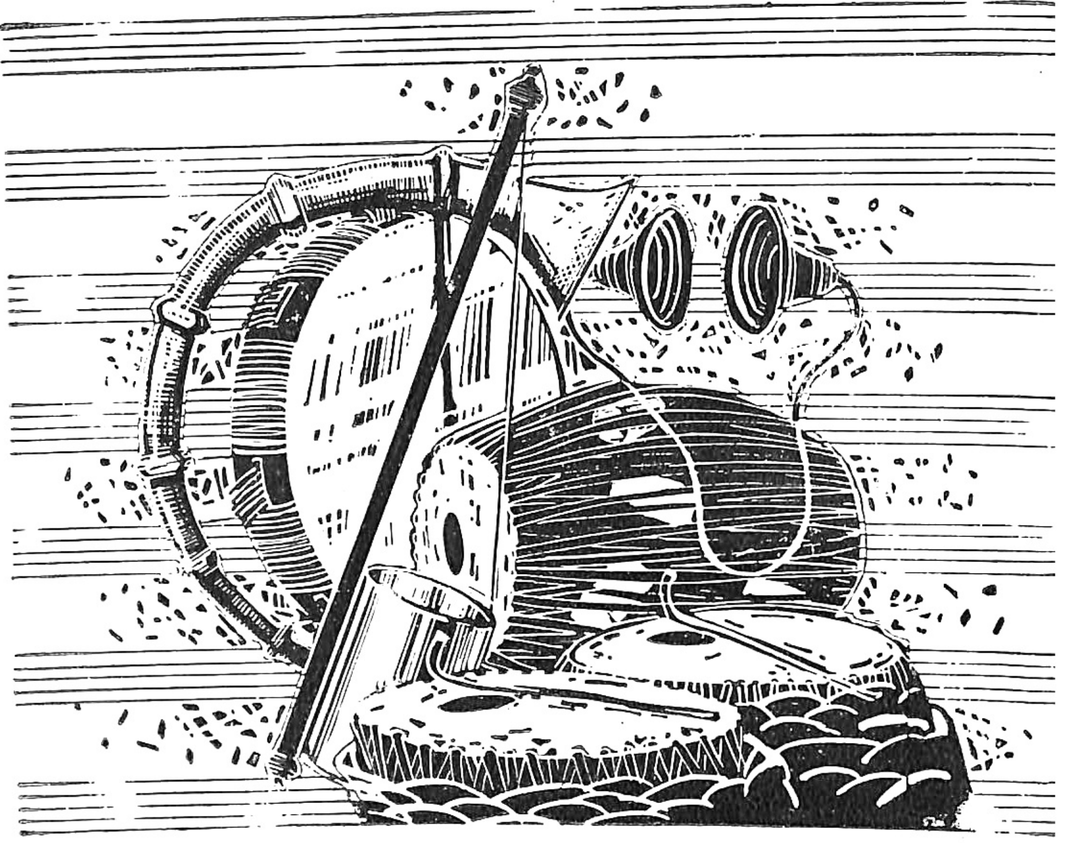
स्पष्टीकरण : सदर सामग्री ही केवळ ऐतिहासिक दस्तऐवज म्हणून उपलब्ध करण्यात आली असून या सामग्रीतून व्यक्त होणारी मते, विचारसरणी इ. त्या त्या लेखक, संपादक इ. कर्त्यांची आहे. त्यांपैकी कोणतेही मत, विचारसरणी इ. यांचा पुरस्कार महाराष्ट्र शासन, मराठी भाषा विभाग, राज्य मराठी विकास संस्था व प्राज्ञपाठशाळामंडळ, वाई यांपैकी कुणीही करत नसून त्या त्या मताचे वा विचारसरणीचे दायित्व उपरोक्त विभागांवर असणार नाही.

नवभारत

दिवाळी ८४

अनुक्रमणिका





अनेक नाद एक निनाद ।
आम्ही सारे एक आहोत ।

वाद्ये अनेक. त्यांचे नाद भिन्न भिन्न. पण जेव्हा त्यांचा सुरेख, लयबद्ध, एकात्म मेळ जमतो तेव्हा निर्माण होते सुरेल संगीत—मोहक, आल्हादक, प्रभावी अन् ओजस्वी.

राष्ट्राचेही तसेच आहे. भिन्न जाती, भिन्न धर्म, भिन्न वंश, भिन्न संप्रदाय ह्यांचा एकात्म मेळ साधला की राष्ट्र देखील बनते सुंदर, एकसंध, अभेद्य अन् बलवान.



राष्ट्रीय एकात्मता राखा देश बलवान बनवा

माहिती व जनसंपर्क महासंचालनालय, महाराष्ट्र

अनुक्रमणिका

प्राज्ञपाठशाळा मंडळ, वाई संचालित मासिक

नवभारत

दिवाळी विशेषांक

वर्ष ३८ । अंक १–२ । ऑक्टो.–नोव्हें. १९८४
किंमत १२ रुपये । वार्षिक वर्गणी ३० रुपये

या अंकातील लेखांत व्यक्त झालेल्या मतांशी संपादक सहमत असतीलच, असे नाही.

अध्यक्ष व विश्वस्त

तर्कतीर्थ लक्ष्मणशास्त्री जोशी

संपादक

मे. पुं. रेगे



संपादकीय पत्रव्यवहार ।

मे. पुं. रेगे,
संपादक, 'नवभारत' मासिक,
द्वारा : प्राज्ञपाठशाळा मंडळ,
वाई–४१२ ८०३ (जि. सातारा)

व्यवस्थापकीय पत्रव्यवहार :

श्री. ग. दीक्षित,
व्यवस्थापक, 'नवभारत' मासिक,
द्वारा : दी प्राज्ञ प्रेस, वाई–४१२ ८०३.
(जि. सातारा)

मुखपृष्ठ : श्री. सुभाष अवचट

या नियतकालिकाच्या प्रकाशनार्थ महाराष्ट्र राज्य साहित्य संस्कृती मंडळाकडून अनुदान मिळाले.

अनुक्रमणिका





नवभारत

ऑक्टोबर–नोव्हेंबर १९८४

अनुक्रम

संपादकीय

लेखक-परिचय

■ **सुधा गोवारीकर** : व्यासंगी प्राध्यापिका, एस. पी. II, ५७३, एंजिनिअरिंग कॉलेज, त्रिवेंद्रम–६९५०१६. ■ **प्रकाश गोळे** : पक्षीनिरीक्षक व निसर्गाभ्यासक, 'इकॉलॉजिकल सोसायटी' ह्या संस्थेचे संचालक; २७७, सिंध कॉलनी, पुणे–४११ ००७. ■ **अ. ना. इनामदार** : जीवरसायनशास्त्राचे (बायोकेमिस्ट्री) प्राध्यापक, जीवरसायनशास्त्रविभाग, इन्स्टिटयूट ऑफ सायन्स, १५ मादाम कामा रोड, मुंबई–४०० ०३२. ■ **बाळ फोंडके** : व्यासंगी विज्ञानाभ्यासक आणि 'सायन्स टूडे' ह्या नियतकालिकाचे संपादक, ५ रागिणी, साहित्यसहवास, वांद्रे (पूर्व) ४०० ०५१. ■ **कृ. दा. अभ्यंकर** : प्रमुख, ज्योतिषशास्त्र विभाग, उस्मानिया विद्यापीठ, हैदराबाद (आंध्र प्रदेश). ■ **अरुण नी. चांदोरकर** : इलेक्ट्रॉनिक्सचे प्राध्यापक, आय्. आय्. टी., पवई, मुंबई–४०० ०७६. ■ **ध. मा. ढमढेरे** : प्राध्यापक, कॉम्प्यूटर सायन्स डिपार्टमेंट, आय्. आय्. टी., पवई, मुंबई–४०० ०७६. ■ **प्रभाकर सोवनी** : विभागप्रमुख आणि प्राध्यापक, भूविज्ञान विभाग, फर्ग्युसन महाविद्यालय, पुणे. ■ **अ. ना. ठाकूर** : मराठी विश्वकोशात भूविज्ञान, धातुविज्ञान, वातावरणविज्ञान इ. विषयांचे संपादक, वाई–४१२ ८०३. ■ **वि. गो. कुलकर्णी** : प्रकल्प संचालक (प्रोजेक्ट डिरेक्टर), टाटा इन्स्टिटयूट ऑफ फंडामेंटल रिसर्च, होमी भाभा सेंटर फॉर सायन्स एज्यूकेशन, होमी भाभा रोड, मुंबई–४०० ००५. ■ **वि. गो. वैद्य** : प्राध्यापक, प्राणिशास्त्र विभाग, विज्ञानवर्धिनी, महाराष्ट्र, लॉ कॉलेज रोड, पुणे–४११ ००४.

○ ○ ○



संपादकीय

विज्ञानाला वाहिलेला हा विशेषांक वाचकांच्या हाती देताना मला अत्यंत आनंद होत आहे.

विज्ञानाच्या ज्या विभागांच्या कक्षा आज झपाट्याने विस्तारत आहेत त्यांत होत असलेल्या रोमहर्षक घडामोडींचा परिचय ह्या अंकाद्वारा मराठी वाचकांना होईल. त्यांना विज्ञानाच्या उपयोजनाच्या काही नवीन दालनांचे दर्शनही तो घडवील. भारतीय अंतराळ कार्यक्रम, खगोलीय भौतिकी, इलेक्ट्रॉनिक्सचे तंत्रज्ञान, गणकयंत्र व भारत, परिस्थितिविज्ञान व सद्यःस्थिती इत्यादी संबंधित प्रश्नांची ह्या अंकात समाविष्ट करण्यात आलेल्या विविध लेखांनी केलेली चर्चा, वाचकांना उपयुक्त वाटेल असा विश्वास आहे.

आधुनिक स्वरूपाचे विज्ञान ही मानवी संस्कृतीतील अलीकडची घटना आहे. गेल्या चार-पाच शतकांहून ती अधिक जुनी नाही; परंतु मानवी जीवनाच्या केवळ बाह्यांगात नव्हे, केवळ साधनसामग्रीत आणि उपकरणांत आणि माणसांच्या राहणीत नव्हे, तर त्याच्या अंतरंगातही, माणसांच्या विचारपद्धतीत, विश्वाकडे आणि स्वतःकडे पाहण्याच्या माणसाच्या दृष्टिकोणातही, विज्ञानामुळे क्रांती घडून आली आहे. ललित साहित्य, कला, मानवी संस्कृतीचा इतिहास, नैतिक कल्पनांचा विकास ह्या गोष्टींप्रमाणे विज्ञान, वैज्ञानिक दृष्टिकोण आणि वैज्ञानिक ज्ञान प्राप्त करून देत असलेला निसर्गाच्या घडणीचा आराखडा हा सर्वसामान्य सुशिक्षित माणसाच्या जाणिवेचा भाग असला पाहिजे. हा विशेषांक म्हणजे ह्या दृष्टीने करण्यात आलेला अल्पसा आणि प्रारंभिक प्रयत्न होय.

ह्या विशेषांकासाठी संकलिपलेले काही महत्त्वाचे लेख हाती येऊनही अपरिहार्य अडचणींमुळे ह्या अंकात प्रसिद्ध करता आले नाहीत. आपापल्या क्षेत्रांतील अधिकारी व्यक्तींनी 'नवभारत'साठी खास लिहिलेले किंवा उपलब्ध करून दिलेले हे लेख डिसें. ८४ च्या अंकात अवश्य प्रसिद्ध करण्यात येतील. हा अंक विज्ञान विशेषांकाचा दुसरा भाग म्हणूनच प्रसिद्ध होणार आहे.

महाराष्ट्रीय वैज्ञानिक हे इतर भारतीय वैज्ञानिकांप्रमाणे विज्ञानाला राष्ट्रीय व आंतरराष्ट्रीय पातळीवर, महत्त्वाचे योगदान करीत आहेत. आजच्या परिस्थितीत त्यांचे व्यावसायिक काम अपरिहार्यपणे इंग्रजीतून चालते. पण महाराष्ट्राच्या सर्व भागांतून आणि महाराष्ट्रीय समाजाच्या सर्व थरांतून पसरलेला मराठी वाचकवर्ग महाराष्ट्रीय वैज्ञानिकांचा स्वाभाविक वाचकवर्ग आहे. त्याला उद्देशून आपापल्या विषयांवर मराठीतून लिखाण करणे हा महाराष्ट्रीय वैज्ञानिकांच्या व्यावसायिक कामाचा एक महत्त्वाचा भाग बनला पाहिजे. महाराष्ट्रीय वैज्ञानिक आणि मराठी वाचक यांच्यात असलेला हा स्वाभाविक अनुबंध ह्या विशेषांकामुळे दृढ होईल अशी आशा आहे.

आमच्या आवाहनाला मान देऊन ज्या वैज्ञानिकांनी ह्या विशेषांकासाठी लेखनसाहाय्य केले त्यांचा मी अत्यंत ऋणी आहे.

अनामिक राहू इच्छिणारे पण 'नवभारता'च्या संपादनात आपुलकीने आणि निष्ठेने मला साहाय्य करणारे माझे जे सहकारी आहेत त्यांचेही मी मनापासून आभार मानतो. त्यांच्या सहकार्याशिवाय हा अंक आकार धरू शकला नसता.

ह्या विशेषांकासाठी ज्या हितचिंतकांनी जाहिराती देऊन किंवा अन्य मार्गांनी साहाय्य केले त्यांच्याविषयी कृतज्ञता व्यक्त करणे हे माझे कर्तव्य आहे.

नवभारताचे वर्गणीदार, वाचक, आश्रयदाते आणि हितचिंतक ह्या सर्वांना ही दिवाळी आनंदाची जावो.

– संपादक

⊙ ⊙ ⊙



आवाहन....

शंकरराव देव यांनी आचार्य शं. द. जावडेकर, ह. कृ. मोहनी, आचार्य स. ज. भागवत, इ. आपल्या काही सहकाऱ्यांच्या साहाय्याने 'नवभारत' मासिक ऑक्टोबर १९४७ मध्ये सुरू केले. स्वातंत्र्योत्तर काळात, भारताच्या आणि महाराष्ट्राच्या जीवनातील सामाजिक आणि सांस्कृतिक समस्यांची मोकळेपणे चर्चा करणारे वैचारिक व्यासपीठ मराठी विचारवंतांना आणि अभ्यासकांना उपलब्ध करून द्यावे ही, 'नवभारत' सुरू करण्यामागची त्यांची कल्पना होती. कोणत्याही विशिष्ट विचारप्रणालीचा पुरस्कार करणे हे 'नवभारता'चे उद्दिष्ट नव्हते. सर्व भिन्न वैचारिक दृष्टिकोणांना 'नवभारता'त प्रतिनिधित्व मिळावे, 'नवभारता'त सर्व महत्त्वाच्या प्रश्नांची गंभीरपणे आणि आस्थेने चिकित्सा व्हावी आणि वैचारिक देवाणघेवाणीतून महाराष्ट्राचे वैचारिक जीवन निकोप आणि जोमदार होण्याला साहाय्य करावे, हे 'नवभारता'चे उद्दिष्ट होते.

अनेक विचारवंतांनी विविध विषयांवर 'नवभारता'त आपले लिखाण प्रसिद्ध करून 'नवभारता'चे अभिप्रेत स्वरूप स्थिर केले आणि महाराष्ट्राच्या वैचारिक जीवनात त्याला अनन्यसाधारण स्थान प्राप्त करून दिले.

१९५७ साली शंकरराव देव यांनी प्राज्ञपाठशाळामंडळाने 'नवभारत' मासिक चालवायला घ्यावे अशी विनंती तर्कतीर्थ लक्ष्मणशास्त्री जोशी यांना केली व ती त्यांनी मान्य करून संपादकत्वाची जबाबदारी गोवर्धन पारीख यांच्यावर सोपविली. पारीख यांच्या कुशल संपादकत्वामुळे 'नवभारता'चा वैचारिक दर्जा राखला आणि उंचावला गेला. आज वैचारिक नियतकालिक म्हणून 'नवभारता'ला जी प्रतिष्ठा आहे ते ह्या सर्व व्यक्तींनी निष्ठेने आणि सातत्याने केलेल्या प्रयत्नांचे फळ आहे.

त्या दृष्टीने 'नवभारत'साठी आजीव सदस्य नोंदविण्याची योजना आखण्यात आली आहे. तिचे स्वरूप असे आहे :

१. कोणाही व्यक्तीला रु. ३००/– व संस्थेला रु. ५००/– बारा महिन्यांच्या आत देऊन 'नवभारता'चे आजीव सदस्य होता येईल.

२. आजीव सदस्य असलेल्या व्यक्तीस 'नवभारत' मासिक आजीव आणि संस्थांना २० वर्षे दिले जाईल. यापुढे 'नवभारता'ची वार्षिक वर्गणी वाढविण्यात आली तरी ह्या व्यवस्थेत बदल होणार नाही.

३. 'नवभारत' मासिकाचे प्रकाशन कोणत्याही कारणामुळे वीस वर्षांच्या आत बंद करावे लागल्यास आजीव सदस्यांना उरलेल्या काळाच्या प्रमाणात रक्कम परत केली जाईल.

प्राज्ञपाठशाळा हे महाराष्ट्राचे एक प्रमुख सांस्कृतिक केंद्र आहे आणि 'नवभारत' हे लोकाश्रयावर चाललेले मराठीतील एक प्रमुख वैचारिक नियतकालिक आहे. आपण 'नवभारता'चे आजीव सदस्य होऊन महाराष्ट्राच्या वैचारिक प्रबोधनासाठी चालविलेल्या ह्या उपक्रमात सहभागी व्हावे अशी विनंती आहे.

संपादक

अनुक्रमणिका

भारतीय अंतरिक्ष कार्यक्रम

सुधा गोवारीकर

एस. एल. व्ही–३ अग्निबाणाने ओळीने तीन वेळा यशस्वी रीत्या ४० किलोग्रॅम वजनाच्या उपग्रहाला पृथ्वीनजीकच्या ३०० किमी. × ९७० किमी. अशा लंबवर्तुळाकार कक्षेत नेऊन सोडले व भारतीय अग्निबाणांची पहिली पिढी संपली. गुंतागुंतीच्या तंत्रज्ञानातील भारतीय स्वयंपूर्णतेची ही एक अतिशय महत्त्वाची पायरी होती; पण अनेक अर्थांनी या क्षेत्रातील पुढील वाटचालीचा हा एक छोटा प्रारंभ होता. एस. एल. व्ही–३ च्या यशाने हे सिद्ध केले की, विज्ञान व तंत्रज्ञानातील कठीण आव्हानेसुद्धा भारताच्या कुवतीबाहेरची नाहीत.

भारतीय अंतरिक्ष संशोधन कार्यक्रमात कोणकोणत्या गोष्टींचा समावेश होतो ? हा कार्यक्रम कसा आखला आहे ? हा कार्यक्रम कोणत्या संस्थांमार्फत राबविण्यात येतो ? या वेगवेगळ्या प्रश्नांची उत्तरे या लेखात देण्याचा प्रयत्न केला आहे.

अंतरिक्ष–अंतराळ या शब्दाचा अर्थ संदर्भाप्रमाणे वेगवेगळा होतो. पृथ्वीच्या वातावरणापलीकडील पोकळी म्हणजे अंतरिक्ष. ग्रह व तारे यांच्यामध्ये पसरलेली पोकळी म्हणजेही अंतरिक्ष किंवा हे कल्पनातीत विश्व ज्या पोकळीमध्ये पसरले आहे तेही अंतरिक्षच ! जेव्हा अंतरिक्ष संशोधन-अंतराळ संशोधन ही संज्ञा वापरण्यात येते, तेव्हा पृथ्वीनजीकचे व दूरचे अंतरिक्ष, पृथ्वीच्या सभोवतालची परिस्थिती आणि ग्रह–तारे यांचे निरीक्षण, अभ्यास व शोध हे सर्व अभिप्रेत आहे.

तसे पाहिले तर अंतरिक्षविज्ञान भारताला प्राचीन काळातही परिचित होते, असे खगोलशास्त्रातील उल्लेखांवरून स्पष्ट होते. निरनिराळ्या ग्रहांची वर्णने, आकाशातील घडामोडी व त्यांबद्दलचे सविस्तर वर्णन वेदकालीन वाङ्मयात आढळते. आधुनिक खगोलशास्त्राची भारतातील सुरुवात मात्र १७९२ साली स्थापलेल्या मद्रासमधील वेधशाळेपासून झाली. दुर्बिणीचा वापर करून तेथे ग्रहताऱ्यांचे निरीक्षण चाले. त्यानंतर १८९८ मध्ये कोडाईकनाल (तमिळनाडू) येथे आणखी एका वेधशाळेची स्थापना झाली. तथापि त्यापूर्वी ७५ वर्षे म्हणजे १९२३ मध्ये अंतरिक्षविज्ञानाच्या दृष्टीने खरी हालचाल सुरू झाली ती कुलाबा येथील वेधशाळा व मुंबई येथील भारतीय हवामान खाते (इंडियन मिटीऑरॉलॉजिकल डिपार्टमेंट) यांच्या स्थापनेपासून. जवळजवळ एक शतकानंतर जेव्हा वातावरणापलीकडील आयॉन (Ion) क्षेत्राची शास्त्रज्ञांना जाणीव झाली त्यानंतर पाचदहा वर्षांमध्येच– १९२६ साली– कलकत्ता विद्यापीठात पृथ्वीभोवतालच्या वातावरणाच्या वरच्या थरातील आयॉनसहित क्षेत्राचा अभ्यास सुरू झाला. पुढील काही वर्षांमध्येच संशोधनासाठी इतर ठिकाणीही काम सुरू झाले. सारांशात असे म्हणता येईल की, साधारणपणे १९५५–५६ या काळात पृथ्वीनजीकच्या परिस्थितीच्या व अंतरिक्षविज्ञानाशी संबंधित अशा क्षेत्रांमधील अभ्यासासाठी भारतात चांगला पाया तयार झाला होता. या अभ्यास–संशोधनासाठी वापरली जाणारी साधने व उपकरणे मुख्यतः जरी जमिनीवरच बसविलेली होती, तरी काही वेळा ही साधने ४० किमी. उंचीपर्यंत जाणाऱ्या फुग्यांमध्येही ठेवली जायची.

आधुनिक काळातील भारतीय अंतराळ संशोधन कार्यक्रमाची प्रत्यक्ष सुरुवात २१ नोव्हेंबर १९६३ रोजी झाली. त्या दिवशी नाइके अपाचे (Nike Apache) या अमेरिकन अग्निबाणाने त्रिवेंद्रम्‌जवळील थुंबा या लहानशा खेड्यातील समुद्रकिनाऱ्यावरून अवकाशात झेप घेतली. तेव्हापासून भारतीय अंतराळ संशोधन कार्यक्रमाचे पाऊल नेहमी पुढेच पडत गेले आहे. असामान्य द्रष्टे डॉ. विक्रम साराभाई यांच्या मार्गदर्शनाखाली सुरू झालेला हा कार्यक्रम गेली २० वर्षे सातत्याने प्रगतिपथावर आहे.

१९७२ मध्ये भारत सरकारने अंतरिक्ष आयोग (स्पेस कमिशन) व अंतरिक्ष विभाग यांची स्थापना केली. पूर्वनियोजित सामाजिक व आर्थिक उद्दिष्टे पूर्ण करण्यासाठी अंतरिक्षविज्ञान व तंत्रज्ञान यांचे विकसन व उपयोजन करण्याचे काम या संस्थांमार्फत

अनुक्रमणिका





केले जाते. अंतराळ संशोधन कार्यक्रमाविषयीचे धोरण ठरविणे, हे धोरण प्रत्यक्ष कार्यवाहीत आणण्यासाठी लागणारी आवश्यक दिशा व मार्ग ठरविणे, खर्चाविषयीचे अंदाजपत्रक तयार करणे इ. सर्व जबाबदारी अंतरिक्ष आयोगाची असते. ' इस्रो '-(Indian Space Research Organization) भारतीय अंतरिक्ष संशोधन संघटना-मार्फत संशोधनाचे सर्व कार्यक्रम प्रत्यक्षात येत असतात 'इस्रो'-च्या चार मुख्य केंद्रांद्वारे हे कार्यक्रम आकार घेतात.

अहमदाबाद येथील ' स्पेस ॲप्लिकेशन सेंटर ' (सॅक), बंगलोर येथील ' इस्रो सॅटलाईट सेंटर ' (आयझॅक), त्रिवेंद्रम येथील 'विक्रम साराबाई स्पेस सेंटर ' (व्ही. एस. एस. सी.) व श्रीहरिकोटा येथील ' शार सेंटर ' ही इस्रोची चार प्रमुख केंद्रे आहेत. अंतरिक्ष संशोधन कार्यक्रम आखणे, तो प्रत्यक्षात आणणे, या तंत्रज्ञानाचे उपयोजन, तांत्रिक व्यवस्थापन या गोष्टींची जबाबदारीही ' इस्रो'कडे आहे. या केंद्रांखेरीज ऑक्झिलरी प्रॉपल्शन पद्धती त्रिवेंद्रम व बंगलोर या दोनही ठिकाणी आहेत. बंगलोरमध्ये सिव्हिल इंजिनिअरिंग डिव्हिजन आहे. या डिव्हिजनची कार्यालये सर्व केंद्रांमध्ये आहेत. प्रत्यक्ष बांधकामाचे काम यांमार्फत होते.

मुख्यतः अंतरिक्ष विभागाच्या आर्थिक मदतीने चालणारी संस्था-फिजिकल रिसर्च लॅबोरेटरी-अहमदाबादला आहे. अंतराळसंशोधन व त्यासंबंधित शास्त्रे यांतील संशोधन कार्यक्रम तेथे हातात घेण्यात येतात. सिकंदराबाद येथील नॅशनल रीमोट सेन्सिंग एजन्सी या संस्थेलाही बहुतांश साहाय्य अंतरिक्ष विभागाकडून मिळते. ही संस्था देशातील नैसर्गिक साधनसंपत्तीसंबंधी योजना व व्यवस्थापन यांकरिता आधुनिक दूरवेधी तंत्राचा उपयोग करते. इस्रोच्या 'रिस्पाँड' या योजनेखाली अनेक महाविद्यालये, संशोधनसंस्था यांना आर्थिक साहाय्य मिळत असते. अंतराळ विभागाच्या अंदाजपत्रकामधून अग्निबाणविकास, उपग्रहविकास, अंतरिक्ष तंत्रांचे उपयोजन, अंतरिक्ष विज्ञान, इन्सॅट इ. शास्त्रीय प्रकल्प व दैनंदिन व्यवस्थापनावर खर्च केला जातो.

अंतरिक्षतंत्राला राबवून आर्थिक विकासासंबंधीचे प्रश्न सोडविण्यात काही गैर नाही. किंबहुना आर्थिक विकसनाचा तो एक समर्थ मार्ग आहे. आणि म्हणूनच अंतरिक्ष तंत्रज्ञान जरी थोडे महाग-(खरं म्हणजे ते तसे नाही; कारण आतापर्यंत या संशोधनासाठी खर्च केलेली रक्कम सात-आठ जंबो विमानांच्या किमतीइतकी फार तर आहे) व जोखमीचे असले तरी ते स्वीकारायचे आपण ठरविले. या तंत्रज्ञानाचे उपयोजन करण्यामध्ये काही महत्त्वपूर्ण प्राथमिक उद्दिष्टे आहेत. एक म्हणजे उपग्रहाद्वारे संपर्कसाधन, दुसरा उपयोग दूरवेधी यंत्रणेचा उपयोग करून नैसर्गिक साधनसंपत्तीची पाहणी व व्यवस्थापन करणे. हे दोन उद्देश डोळ्यांसमोर ठेवूनच प्रगत अग्निबाण, उपग्रहवाहक यांचा विकास या तंत्रज्ञानाच्या आधारे करण्यात येत आहे.

या प्रयत्नांचा परिणाम म्हणून आज देशात तयार झालेले अनेक अग्निबाण, वातावरणाच्या वेगवेगळ्या थरांवर निरनिराळी यंत्रसामग्री घेऊन जातात व वातावरणासंबंधी माहिती गोळा करायला मदत करतात. या कामी वापरण्यात आलेल्या अग्निबाणांपैकी सर्वात छोटा आर. एस-१२५ हा एका टप्प्याचा अग्निबाण ७ किलोग्रॅम वजन (पे लोड) १० किलोमीटर इतक्या उंचीवर नेऊ शकतो, तर त्यांपैकी सर्वांत मोठा अग्निबाण आर. एस.-५६० हा दोन टप्प्यांचा अग्निबाण १०० किलोग्रॅम वजन ३५० किमी. उंचीवर नेऊ शकतो. दुसऱ्या एका अग्निबाणाच्या साहाय्याने विशिष्टवेधी उपकरणे ६५ किमी. उंचीवर नेऊन त्यांच्या साहाय्याने त्या उंचीवरील वायु-तपमान यांचे मोजमापन शक्य होते. "मॉन्सून-प्रयोगाच्या" (मोनेक्स) संदर्भात थुंबा येथे बनविलेले शेकडो अग्निबाण उडवण्यात आले आहेत. इंटरनॅशनल कौन्सिल ऑफ सायन्टिफिक युनियन आणि वर्ल्ड मीटिऑरॉलॉजिकल ऑरगनायझेशन, यांनी पृथ्वीवरील वातावरणाचा अभ्यास करायचा कार्यक्रम आखला. ' मान्सून-प्रयोग ' हा त्याचाच एक भाग होता. भारताच्या हवामानखात्याच्या विभागामार्फत हे अग्निबाण उडवले गेले.

सुरुवातीला सांगितल्याप्रमाणे एस. एल. व्ही-३ ही भारतीय अग्निबाणांची पहिली पिढी होती. यातील १९७९ साली झालेले प्रायोगिक उड्डाण यशस्वी झाले नाही; पण १९८० मधील दुसरे प्रायोगिक उड्डाण पूर्ण यशस्वी झाले. त्यानंतरची दोन विकास-उड्डाणेही यशस्वी झाली. अशा रीतीने

अनुक्रमणिका

ओळीने तीन यशस्वी उड्डाणे तीन वर्षांत करून भारताने आपली अग्निबाणरचना व उत्पादनक्षमता सिद्ध केली आहे. पण एस. एल. व्ही–३ अग्निबाण ही फक्त पुढील अधिक मोठ्या अग्निबाणांनीं पूर्वतयारी आहे. १९८०–९० या दशकात ए. एस. एल. व्ही. (Augmented Satellite Launch Vehicle) व पी. एस. एल. व्ही. (Polar Satellite Launch Vehicle) हे अनेक पटींनी मोठे अग्निबाण उडविण्याचा इस्रोचा कार्यक्रम आहे. हे उपग्रहवाहक बनविण्याची जबाबदारी त्रिवेंद्रमच्या विक्रम साराभाई अंतरिक्ष केंद्रावर सोपवली आहे.

उपग्रहतंत्र विकासाची तयारी म्हणून इस्रोने जे उपग्रह प्रथम बांधले ते रशियाच्या इंटर कॉसमॉस रॉकेटच्या साहाय्याने रशियातील कॉस्मोड्रोमवरून अंतराळात सोडले. आर्यभट हा पहिला भारतीय उपग्रह १९७५ मध्ये अंतराळात गेला व त्याबरोबरच उपग्रहतंत्र नैपुण्याची पहिली पायरी देशाने ओलांडली. आर्यभटच्या यशाने प्रोत्साहित होऊन इस्रोने पृथ्वीनिरीक्षणासाठी साधने घेऊन जाणारा उपग्रह बनविण्याची योजना केली. भास्कर–१ हा उपग्रह पुन्हा रशियन अग्निबाणाच्या साहाय्याने अंतराळात पोहोचला. बहुतांशी आर्यभटसारखा हा उपग्रह दूरवेधी (Remote sensing) साधने घेऊन अंतराळात पोहोचला. दोन टी. व्ही. कॅमेरे व तीन मायक्रोवेव्ह रेडिओमीटर्स यांचा त्यात समावेश होता. साधनांच्या दृष्टीने तो आर्यभटपेक्षा पुष्कळ वेगळा होता. पहिल्या काही अडचणींनंतर कॅमेरे आपले काम बजावू लागले व चांगली चित्रे पाठवू लागले. दूरवेधी उपकरणांनी आपले काम बजावल्यामुळे "भास्कर" चा हेतू साध्य झाला.

भास्कर–२ हा उपग्रह १९८१ मध्ये रशियन अग्निबाणाच्या साहाय्याने अंतरिक्षात पोहोचला. त्याने जवळ जवळ २००० चित्रे पाठवली आहेत. मायक्रोवेव्ह रेडिओमीटर पेलोड टेपरेकॉर्डर्स, आधारसामग्री (डेटा) जमा करण्यासाठी मंच-ट्रॅकिंग, सोलार सेल प्रयोग यांबाबत कार्य चालू आहे.

रोहिणी उपग्रह भारतीय अग्निबाणांच्या साहाय्याने अंतराळात गेले. तीन एस. एल. व्ही.–३ अग्निबाणांवरून तीन रोहिणी उपग्रह अंतराळात पोहोचले. यांतील पहिल्या "आर. एस. १" उपग्रहाने एस. एल. व्ही.–३ च्या चौथ्या टप्प्याच्या कामाचे मूल्यमापन केले. आर. एस. डी.–१ या उपग्रहाचा पेलोड म्हणून लँडमार्क सेन्सर सोडला होता. तिसऱ्या आर. एस. डी. २ ने दोन बँडची चित्रपद्धती किंवा 'स्मार्ट सेन्सर' आपल्याबरोबर नेला होता. याच्या साहाय्याने पाणी, बर्फ, ढग, हरितभाग अशा जमिनीवरील भिन्न स्थितींचे वर्गीकरण व स्पष्टीकरण करण्याची पद्धती विकसित होईल.

अंतरिक्ष तंत्रविज्ञान प्रगतीची आणखी एक निशाणी म्हणजे 'ॲपल' हा भारताचा पहिला प्रायोगिक संपर्क उपग्रह. हा युरोपियन स्पेस एजन्सीच्या 'एरियन' या वाहकावरून प्रथम २०० किमी. × ३६,००० किमी. या लंबवर्तुळाकार कक्षेत सोडला होता. कालांतराने त्याची कक्षा वर्तुळाकार करण्यात आली. हे काम ॲपलवर बसविलेल्या ॲपोजी बूस्ट मोटरच्या साहाय्याने करण्यात आले. ही ॲपोजी बूस्ट मोटर एस. एल. व्ही. ३ डी. १ च्या चौथ्या टप्प्यात बसवली होती. ॲपल ला १०२ पूर्व रेखांशावर आणण्याकरिता ओळीने अनेक गुंतागुंतीच्या गोष्टी पार पाडाव्या लागल्या. ती आपल्या अंतरिक्ष तंत्रज्ञांची कठीण परीक्षा होती. ॲपल हा कार्य करू लागला व पंतप्रधानांनी तो देशाला अर्पण केला. देशातल्या देशातील संपर्क, रेडिओ जाळे, आधारसामग्री प्रसारण, दुर्गम प्रदेशांशी संपर्क इत्यादी बाबतींतील तंत्रज्ञानासंबंधीचे प्रयोग करण्याकरिता त्याचा उपयोग झाला. ॲपलचे ८०% हेतू सफल झाले आहेत.

ॲपल या उपग्रहावरून संपर्क साधण्यापूर्वी किंवा संपर्कासाठी त्याला विशिष्ट कक्षेत नेऊन बसविण्यापूर्वी एक प्रयोग केला गेला होता. हा प्रयोग टी. व्ही. संपर्काच्या तांत्रिक व सामाजिक बाजू आजमावण्याकरिता केला होता. या प्रयोगाला 'साईट' (Satellite Instructional Television Experiment) हे नाव आहे. १९७५ पासून हा प्रयोग वर्षभर चालला होता. या प्रयोगाकरिता अमेरिकेच्या ए. टी. एस. ६ या उपग्रहाचे सहकार्य लाभले होते. नासा (NASA)चा उपग्रह पृथ्वीच्या गतीशी गती मिळवून घेणाऱ्या अशा कक्षेमधे फिरत ठेवला होता की, तो सतत एका जागेवर स्थिर वाटावा. याच्या साहाय्याने भारतातील सहा राज्यांतील २४००

खेड्यांत दूरदर्शन कार्यक्रम दाखविणे शक्य झाले. शेतकी, आरोग्य, कुटुंबकल्याण, शिक्षण, राष्ट्रीय एकता या बाबतींत दूरदर्शनवरील कार्यक्रमांच्या साहाय्याने ग्रामीण भागांतील लोकांची जाण वाढविणे व त्यांच्या विकासाला मदत करणे असा या अनेकांगी जनसंपर्क प्रयोगाचा उद्देश होता.

'साईट' सारखा दुसरा एक प्रयोगप्रकल्प होता. त्याचे नाव 'स्टेप' (Satellite Telecommunication Experimental Project) होते. याकरिता फ्रँको-जर्मन 'सिंफनी' या उपग्रहाचे साहाय्य झाले. उपग्रहाद्वारे अंतर्गत संपर्क पद्धतीचा अनुभव, दूरसंपर्कपद्धतीमधे लागणाऱ्या विविध ग्राउंड सेग्मेंट सुविधा रचून, विकास करून, बांधून त्यांचा प्रत्यक्ष उपयोगात आणण्याचा अनुभव या २ वर्ष मुदतीच्या प्रयोगाने मिळाला. संपर्क उपग्रहाच्या उपयोजनाकरिता या दोन प्रयोगांनी बळकट तांत्रिक पाया घालून दिला.

'इन्सॅट' उपग्रह बहुउद्देशीय असून त्याचा उपयोग अंतर्गत दूरसंपर्क, वातावरणीय पृथ्वीनिरीक्षण देशभरच्या ग्रामीण विभागात थेट प्रसारण, आकाशवाणी व दूरदर्शन कार्यक्रमांचे पुनःप्रसारण इत्यादींसाठी होतो. इन्सॅट-१ ए हा १९८२ एप्रिलमध्ये अंतराळात सोडण्यात आला. सप्टेंबरमध्ये तो दुर्दैवाने निकामी झाला. १९८३ मध्ये इन्सॅट-१ बी अंतराळात सोडला गेला. इन्सॅट उपग्रह अमेरिकेच्या थॉर डेल्टा व स्पेस शटल यांच्या साहाय्याने अंतराळात गेले आहेत. इन्सॅट उपयोग हा अनेक सरकारी खात्यांचा संघटित कार्यक्रम आहे. अंतरिक्ष विभागाने उपग्रहाचा स्पेस सेग्मेंट प्रस्थापित करण्याची जबाबदारी घेतली, तर पोस्ट व तार खात्याने त्याच्या दूरसंपर्क ग्राउंड सेग्मेंटची जबाबदारी घेतली. वातावरणीय ग्राउंड सेग्मेंटची जबाबदारी हवामान खात्याने उचलली. आकाशवाणी व दूरदर्शनच्या उपयोजनाची जबाबदारी साहजिकच आकाशवाणी व दूरदर्शन यांच्याकडे आली.

'नॅशनल रीमोट सेन्सिंग एजन्सी' ची स्थापना १९७५ मध्ये झाली. आता ही संस्था अंतरिक्ष विभागाकडे आली आहे. दूरवेधी तंत्राचा उपयोग, देशातील नैसर्गिक साधनसामग्रीचे निरीक्षण-योजन व व्यवस्थापन करण्याचा या संस्थेचा इरादा असतो. हैद्राबादच्या जवळ 'लॅण्डसॅट' (Landsat) भूस्टेशन आहे. येथे लॅण्डसॅट व अमेरिकेच्या इतर वातावरणीय उपग्रहांवरून माहिती गोळा केली जाते. देशातल्या ज्या संस्था या आधारसामग्रीचा उपयोग करू शकतात, त्यांना ही माहिती कंप्युटर टेपवर किंवा मिळालेल्या माहितीवर संस्कार करून इतर मार्गाने पुरवली जाते. देशात अशा विविध संस्था आहेत की, ज्यांना या माहितीचा किंवा चित्रांचा उपयोग होतो. त्यायोगे जमिनीखालील जलाशयांचा शोध, भूविज्ञान, जलाशय, जमीन यांची पहाणी, जमिनीचा उपयोग, भूरूपविज्ञान (जिओमार्फोलॉजी), मानचित्रण (कार्टोग्राफी), या क्षेत्रांत अभ्यास करता येतो.

पुढच्या काही वर्षात प्रगत दूरसंपर्कन, भूमीवरील नैसर्गिक साधनसंपत्तीचे निरीक्षण व व्यवस्थापन, बहुसंख्य जनतेच्या निरक्षरतेचा शेवट, देशभरात प्रौढांच्या शिक्षणात व अनौपचारिक शिक्षणात वाढ या गोष्टी साधण्याकरिता आपण अंतरिक्षाचा उपयोग करू अशी अपेक्षा आहे.

१९८० ते १९९० या दशकात अंतरिक्ष कार्यक्रमांचे विशिष्ट उद्देश असे आहेत :

भारताचा दूरवेधी उपग्रह (Indian Remote Sensing Satellite) – आय. आर. एस. विकसित करून दूरवेधी तंत्रज्ञानाचा अधिक प्रभावशाली उपयोग करणे. देशात नैसर्गिक साधनसामग्रीबाबत पहाणी-व्यवस्थापन पद्धतीची स्थापना करणे. इन्सॅट अंतराळयान देशात बनविणे, परदेशी बनावटीच्या 'इन्सॅट' च्या जागी तो बसविणे. इन्सॅट व आय. आर. एस. उपग्रहांमध्ये बसविण्याच्या दृष्टीने उपयोजनाचे विविध पेलोड विकसित करणे.

एस. एल. व्ही. चे तंत्र व क्षमता झपाट्याने वाढविणे. त्यावर बसविण्याकरिता उपयोजनाचे तांत्रिक व शास्त्रीय पेलोड विकसित करणे. याचा मुख्य हेतू म्हणजे देशीय दूरवेधी उपग्रह अंतरिक्षात नेण्यासाठी वाहने तयार करणे.

पृथ्वीच्या गतीशी गती जुळवून पृथ्वीवरील एकाच ठिकाणावर सतत स्थिर रहाणारे उपग्रह (Geo Stationary Satellite) अंतरिक्षात सोडण्याच्या दृष्टीने तयारी करणे. या प्रकारचे उपग्रह संपर्क व वातावरणशास्त्र यांना उपयोगी पडतात.

अनुक्रमणिका

उपग्रहवाहक व अंतराळयान यांकरिता वर्तमान अंतरिक्ष तांत्रिक क्षमता वाढवून तशा सुविधा निर्माण करणे. या कामासाठी भारतीय उद्योग व देशातील इतर संस्थांना सहभागी करून घेणे. इस्रोचे विद्यापीठे, संशोधनसंस्था यांच्याशी असलेले संबंध बळकट करणे हे दोन्ही पक्षी फायद्याचे आहे. अंतरिक्ष कार्यक्रमासाठी आवश्यक त्या इस्रोच्या टेलिमीट्री, ट्रॅकिंग, टेलिकमांड जाळे, प्रत्यक्ष उड्डाणाच्या रेंजेस यांची क्षमता व उपयोग वाढविणे यांकरिता अंतराळ ट्रॅकिंग स्टेशनची स्थापना करावी लागेल. नव्या लाँच रेंजेस निर्माण कराव्या लागतील. त्या कामी परदेशी मदतही घ्यावी लागेल.

अंतरिक्ष कार्यक्रम चालू असताना जी नवी तंत्रे शोधली गेली किंवा विकसित केली गेली, त्यांचा इतर क्षेत्रांत उपयोग होऊ शकतो. त्यानुसार ही तंत्रे उद्योग व कारखाने यांना पुरविण्यास प्रोत्साहन देणे. अशा प्रकारच्या देवाणघेवाणीने नव्या तंत्रांचा पुरेपूर उपयोग होऊन देशाला इतर प्रगत देशांच्या बरोबरीला राहणे शक्य होईल.

या दशकात करावयाच्या गोष्टींची वरील यादी महत्त्वाकांक्षी वाटेल. या गोष्टी घडवून आणताना विशिष्ट प्रकारचे पद्धतशीर प्रकल्प करावे लागतील ते प्रकल्प पुढे संक्षिप्तपणे दिले आहेत.

उपग्रहस्थित दूरवेधी पद्धतीचा उपयोग करून आय. आर. एस.–१ ए उपग्रह बांधणे. हा उपग्रह ९००० कि.ग्रॅ. वजनाचा असून तीन अक्षांवर स्थित असेल. सूर्याच्या गतीशी आपली गती जुळवून हा ९०० किमी. उंचीवरील ध्रुवीय कक्षेत फिरेल. त्याने पुरविलेली आधारसामग्री शेती, अरण्ये, भूविज्ञान, जलविज्ञान (हायड्रॉलॉजी), वातावरणशास्त्र या क्षेत्रांतील संभाव्य प्रगतीकरिता राबवली जाईल. हा उपग्रह अंतराळात सोडण्याकरिता इस्रोचा रशियन संस्थेशी करार आहे. या उपग्रहावर 'लिनियर इमेजिंग सेल्फ स्कॅनिंग' असे तीन कॅमेरे बसविले जातील. आधारसामग्री मिळविणे, तीवर संस्करण करणे व त्याकरिता टी. टी. सी. ग्राउंड स्टेशन या संबंधी रूपरेषा निश्चित झाली आहे.

ए. एस. एल. व्ही. हा मूलतः एस. एल. व्ही.–३ हाच अग्निबाण आहे. फक्त ए. एस. एल. व्ही. ची पहिली स्टेज ही तशाच आणखी दोन मोटरींनी बलवान केली आहे. या दोन मोटरी ए. एस. एल. व्ही. च्या पहिल्या स्टेजला प्रत्यक्ष बांधल्या आहेत. त्यांची क्षमता पहिल्या स्टेजच्या क्षमतेइतकीच आहे. या वर्धित बलामुळे हा उपग्र १५० किग्रॅ. वजन वाहून नेऊ शकेल. म्हणजे एस. एल. व्ही. च्या पेलोडच्या तिप्पटीहून अधिक; पण ए. एस. एल. व्ही चे स्वतःचे वजन मात्र एस. एल. व्ही. च्या दुप्पटच आहे (३९ टन). ए. एस. एल. व्ही. च्या या प्रयोगाचा मुख्य हेतू म्हणजे पी. एस. एल. व्ही. करिता लागणारी तंत्रे आत्मसात करणे हा होय. मोटारी बांधण्याचे तंत्र (Strap on Technique), बंद लूपच्या साहाय्याने उपग्रहावर बसविलेल्या कंप्युटरने मार्गदर्शन, यॉ मनूव्हरींग ही या नव्या तंत्रांपैकी काही आहेत. असे ३ ए. एस. एल. व्ही. बांधण्याचा व उडविण्याचा प्रकल्प आहे. यांतील पहिला १९८४ मध्ये उडविण्याचा विचार आहे.

पहिल्या पी. एस. एल. व्ही. चे उड्डाण १९८८ मध्ये व्हावे, असे योजले आहे. हा अग्निबाण १००० किलोग्रॅम वजनाचा पेलोड घेऊन ९०० किमी. उंचीवरील सूर्यगतीशी गती मिळवून ध्रुवीय कक्षेत सोडेल. उड्डाणाच्या वेळी अग्निबाणाचे वजन २५० टन इतके असेल. यातील पहिल्या टप्प्याच्या मोटारीत १२५ टन घनरूप प्रणोदक वापरले जाईल. एस. एल. व्ही.–३ च्या पहिल्या टप्प्यात वापरलेल्या मोटरींसारख्या ६ मोटरी याला बांधल्या असतील. याच्या दुसऱ्या टप्प्यामध्ये ३३ टन इतके द्रवरूप प्रणोदक वापरले जाईल. तिसऱ्या टप्प्यात घनरूप प्रणोदक असेल व चौथ्या टप्प्यात पुन्हा द्रवरूप प्रणोदक असेल.

सूर्याच्या गतीशी गती मिळवून घेणाऱ्या कक्षेत पोहोचण्याकरिता जो अचूकपणा लागेल त्याकरिता 'बंद लूप मार्गदर्शक पद्धती' या नव्या तंत्राचा उपयोग केला जाईल. यावेळपर्यंत देशातील तंत्रज्ञान इतके प्रगत होईल की, भारतीय उपग्रह आपल्या भूमीवरून व आपल्या वाहनावरून सोडण्याची क्षमता आपल्याकडे प्राप्त होईल. स्वयंपूर्णता हा आपल्या अंतरिक्ष कार्यक्रमाचा गाभा आहे. आपल्याला काय करायचे आहे हे स्पष्ट झाले आहे आणि म्हटलेच आहे की, जिथे इच्छा तिथे मार्ग आहे.

अनुक्रमणिका

अंतरिक्षात काय घडामोडी होतात व त्या कोणत्या तत्त्वांनुसार होतात याचा अभ्यास म्हणजे अंतरिक्षविज्ञान या बाळबोध विधानावरून अंतरिक्ष-विज्ञानाच्या पसाऱ्याची कल्पना येणार नाही.

वेधशाळा, वर्षानुवर्षांचे निरीक्षण, दुर्बिणी यांच्या साहाय्याने अनेक शतके खगोलशास्त्रातील जी प्रगती चालू होती, ते अंतरिक्षविज्ञानच होते. गेली कित्येक शतके ग्रहांचे मार्गक्रमण, पथ, सूर्यचंद्रांची ग्रहणे यांचे ज्ञान मानवाला आहे. एवढेच नाही, तर सूर्य-मालेच्या पलीकडील विश्वाची जाणीवही त्याला होती. गॅलिलिओ, न्यूटन, केप्लर या व इतर शास्त्र-ज्ञांनी गुरुत्वाकर्षण, ग्रहांचे एकमेकांमधील आकर्षण, गतिशास्त्र, वस्तूचे वजन व आकारमान आणि गुरुत्वाकर्षण यांतील नाते, निर्वात प्रदेशाची कल्पना, निर्वात प्रदेशात जडवस्तूंची वागणूक यां-संबंधीची जी तत्त्वे शोधून काढली त्यांमुळे अंतरिक्ष-विज्ञानाच्या प्रगतीला वेग आला. पण विविध विज्ञानशाखांतून जे तंत्रज्ञान विकसित झाले त्या तंत्रज्ञानामुळे प्रत्यक्ष अंतरिक्षात पोहोचण्यासाठी जी साधने तयार झाली त्यांच्यामुळे अंतरिक्ष-विज्ञानाची प्रगती फार झपाट्याने झाली. गेल्या तीस वर्षांत माणूस अंतरिक्षात वाहने पाठवू लागला. त्या वाहनांतून पृथ्वीचे निरीक्षण करणेही शक्य झाले. आज अंतरिक्षविज्ञानात अंतराळातील इतर ग्रहांप्रमाणे अंतराळातून पृथ्वीचे निरीक्षण करणेही समाविष्ट झाले आहे.

अंतरिक्षविज्ञान हे स्वतंत्र विज्ञान नसून त्यात विज्ञानाच्या व तंत्रज्ञानाच्या अनेक शाखांचा संगम झालेला आहे. खगोलशास्त्र, गणित, भौतिकी, रसायनशास्त्र, वायुगतिक शास्त्र, यामिकी, इले-क्ट्रॉनिकी, खगोलभौतिकी, वस्तुविज्ञान (मटिरीयल सायन्स), जोडकाम (फॅब्रिकेशन) तंत्रज्ञान अशा अनेक विज्ञानशाखा व तंत्रज्ञान यांतील प्रगतीचा अंतरिक्ष-विज्ञान–तंत्रज्ञानाला फायदा झाला आहे, किंबहुना या विज्ञानशाखांच्या आधारानेच अंतरिक्ष–तंत्रज्ञान निर्माण झाले आहे. या संगमाने तयार झालेले अंतरिक्ष-विज्ञान–तंत्रज्ञान याला एक आगळेपणा प्राप्त झाला आहे, जो त्या स्वतंत्र विज्ञानशाखांना नाही.

अंतरिक्षपद्धती ही ज्या आधारांवर उभी आहे त्या प्रत्येक ठिकाणी विविध विज्ञानशाखांचा संगम झालेला दिसतो. अंतराळ यान किंवा उपग्रह घ्या. इलेक्ट्रॉनिकी, भौतिकी, उपकरण योजना (इंस्ट्रु-मेंटेशन) व जोडकाम तंत्र यांच्या साहाय्याने उपग्रह बांधणी किंवा त्याचे पुढील कार्य होऊ शकते. हा उपग्रह अंतरिक्षात घेऊन जाणारा अग्निबाण घ्या. ह्याची प्रेरकशक्ती रासायनिक इंधन व ऑक्सिडि-कारक यांच्या युतीमुळे जी प्रणोदक (प्रचालक) पद्धती तयार होते तीतून येते. या अग्निबाणाला वायुगतिकशास्त्राच्या नियमानुसार स्थिरता आणली जाते. तर उड्डाणाच्या वेळी याचे नियंत्रण इलेक्ट्रॉनिकी व दूरसंवेदनशास्त्र यांच्या साहाय्याने केले जाते. अंतरिक्ष मिशनचे मार्गदर्शन व नियंत्रण हे मुख्यत: इलेक्ट्रॉनिकी, दूरसंवेदन शास्त्रांच्या आधारे रडार, टेलिमिट्री (दूरमापन), टेलिकमांड (दूरनियमन), अँटिना (आकाशक) यांच्या साहाय्याने होते.

अंतरिक्षपद्धती व तंत्रज्ञानाचा मुख्य उद्देश म्हणजे अंतरिक्षविज्ञानात प्रगती करणे हा होय. या विश्वा-तील घडामोडी व त्यांची कारणे यांचा शोध घेणे याशिवाय जीवनोपयोगी असे इतरही उपयोजन या तंत्रज्ञानाचे होऊ शकतात. भारतीय अंतरिक्षकार्य-क्रमाचे पुढील मुख्य हेतू आहेत :

१) अंतरिक्षतंत्राला राबवून संपर्कसाधन करणे–विशेषत: मागासलेल्या व दुर्गम प्रदेशांत. या प्रदेशांत व देशात इतरत्र दूरदर्शन व आकाशवाणी यांचे कार्यक्रम प्रसृत करणे. शैक्षणिक कार्यक्रम खेडोपाडी दाखवणे.

२) नैसर्गिक साधनसंपत्तीचे निरीक्षण व तिच्या व्यवस्थापनाची एक पद्धती निर्माण करणे. या साधनसंपत्तीच्या व्यवस्थापनाने त्या संपत्तीचा अधिकतम उपयोग करता येईल.

तसेच अंतरिक्षपद्धतीच्या साहाय्याने हवामानाचे अंदाज अधिक बरोबर ठरतील. शेतकीला उपयुक्त अशा सूचना योग्य ठिकाणी पोहोचविण्यात येतील. चक्री वादळे व वादळे यांसंबंधीच्या पूर्वसूचना त्या त्या प्रदेशात योग्य वेळी पोहोचवून जीवहानी टाळता येईल. असे हे विविध प्रकारचे उपयोजन बहुमूल्य आहे, हे सांगावयास नको. यामुळेच अंतरिक्ष-विज्ञान–तंत्रज्ञान याला वेगळी अस्मिता प्राप्त झाली आहे.



अनुक्रमणिका

परिस्थितिविज्ञान आणि सद्यस्थिती

प्रकाश गोळे

माणसाची कोणतीही कृती निसर्गावर आघात करते. मग तिचा उद्देश चांगला असो किंवा वाईट असो. या बाबतीत माझा स्वतःचाच अनुभव सांगतो. पुण्यातून वाहणाऱ्या मुळा-मुठा नद्यांचे पात्र येरवड्या-जवळ खडकाळ आहे आणि पाणी उथळ आहे. या ठिकाणी पात्रात अनेक पाण-वनस्पती वाढतात, त्यांमुळे त्यांवर वाढणारे मासे, कीटक व इतर जलचरही भरपूर आहेत. हे खाद्य मोठ्या प्रमाणावर असल्याने इथे पक्षीही मोठ्या संख्येने दिसतात. हा परिसर आणि नदीकिनाऱ्यावरील काही पाणथळ जमीन आणि एका बाजूचा मैदानी गवताळ प्रदेश हे पक्ष्यांसाठी अभयस्थल म्हणून जाहीर करण्यात आले आहे.

या अभयस्थलाचे उद्घाटन प्रसिद्ध पक्षितज्ञ डॉ. सालिम अली यांच्या उपस्थितीत ज्या दिवशी झाले, तो दिवस मला अजूनही आठवतो. अभयस्थलाच्या उत्तरेकडील खडकाळ, मैदानी भागात बरेच लोक जमा झाले होते आणि सलिम अलीं-समवेत पक्षि-निरीक्षणाचा आनंद लुटत होते. या मैदानी भागात त्या सकाळी वॅगटेल किंवा धोबी पक्ष्यांचे मोठे थवे गवताचे बी आणि त्यात दडून बसलेले कीटक खाण्यासाठी आलेले आढळले. सपाट, गवताळ प्रदेश या पक्ष्यांना नेहमीच प्रिय असतो, त्यामुळे मोठ्या संख्येने हे पक्षी अभयस्थलाच्या परिसरात पहायला मिळाले. पक्षिनिरीक्षकांच्या हालचालींमुळे या पक्ष्यांचे जणू ढगच्या ढग हवेत उठत असल्याचे अद्भुत दृश्य त्या सकाळी दिसले.

त्यानंतर पुढील पावसाळ्यात या गवताळ, मैदानी प्रदेशात झाडे लावण्याचे ठरले. गवत कापण्यात येऊन जमिनीवर खड्डे घेण्यात आले आणि पावसाळ्याच्या सुरुवातीस तेथे झाडे लावण्यात आली. पावसाळ्यात ती चांगली रुजली आणि पावसाळा संपता संपता पाच-सहा फूट उंचीची अनेक रोपटी वाऱ्यावर डुलू लागली.

यथावकाश हिवाळा आला. वॅगटेल किंवा धोबी पक्षी स्थलांतर करून भारतात येऊ लागले; पण त्या सकाळी जे अद्भुत दृश्य दिसले त्याचे पुनर्दर्शन त्या हिवाळ्यात झाले नाही. पुढे कोणत्याच हिवाळ्यात त्या ठिकाणी प्रचंड संख्येने धोबी पक्षी आढळले नाहीत.

पक्ष्यांसाठी राखून ठेवलेल्या अभयस्थळी झाडे लावणे ही तिथल्या व्यवस्थापकांच्या दृष्टीने निःसंशय चगांली गोष्ट होती; पण या चांगल्या कृतीने निसर्गावर आघात झालाच. म्हणजे असे की, धोबी पक्ष्यांना जो प्रदेश अनुकूल होता, तो नाहीसा होऊन त्याची जागा अशा प्रदेशाने घेतली की, जो काही दुसऱ्या जातीच्या पक्ष्यांना अनुकूल ठरला. झाडे जसजशी वाढू लागली, तसे झाडांवर बसणारे, त्यांच्यावर रांगणारे, त्यांच्या खोडांच्या फटींत वसणारे कीटक पकडणारे, झाडांची फळे, त्यांच्या फुलांतील मध खाणारे पक्षी आता त्या प्रदेशात अधिक संख्येने आढळू लागले. शिंपी, राखी बटबट्या, फुलमुखी, सूर्यपक्षी, सातभाई, कोकिळा, हळद्या हे पक्षी तिथे आढळू लागले. प्रदेशाचा चेहरा–मोहरा बदलला तसे पक्षी बदलले. माणसाने सृष्टीचे रूप पालटून टाकले.

अर्थात गेली हजारो वर्षे माणूस हेच काम करीत आला आहे. आदिम काली ज्या वेळी ओबडधोबड दगडी हत्यारांचा उपयोग करून माणूस प्राण्यांची शिकार करीत होता आणि त्यांचे कच्चे मांस खात होता, त्या वेळीही मॅस्टोडॉन, मॅमथ अशा महाकाय हत्तींसारख्या प्राण्यांचा नाश करण्यास व त्यांना पृथ्वीतलावरून नष्ट करण्यात मानवानेच हातभार लावला होता, असा पुरावा सापडतो. पुढे जेव्हा अग्नीसारखे अमोघ शस्त्र त्याच्या हातात आले, तेव्हा मोठ्या प्रमाणावर जंगले जाळून ती भूमी स्वतःसाठी वसाहतीस योग्य अशी त्याने बनविली. अर्थात त्या वेळी हे सत्कार्यच होते; पण त्याचा

अनुक्रमणिका

परिणाम वनस्पतींच्या, कीटकांच्या व पक्ष्यांच्या-प्राण्यांच्या कित्येक जाती नष्ट होण्यांत झाला असला पाहिजे, यात शंका नाही.

यामागे दृष्टी एकच होती की, माणसाच्या जे उपयोगाचे नाही ते कशासाठी राखायचे, जोपासायचे ? ते नष्ट करायचे किंवा नष्ट होऊ दिले, तरी फारसे बिघडत नाही ! पण आधुनिक संशोधनाने आता ही गोष्ट सिद्ध केली आहे की, जगातली कोणतीच गोष्ट, एखादे चिमुकले रोपटे किंवा मातीच्या कणाएवढा कीटक, निरर्थक नाही. माणसाच्या जीवनाशी त्याचा प्रत्यक्ष संबंध येत नसला, तरी दूरान्वयाने त्याचा संबंध जुळतो. तेव्हा कोणतीच गोष्ट टाकाऊ म्हणून नष्ट होऊ देणे, योग्य नाही. अर्थात मोठे तसेच बारीक-सारीक जीव-यांमध्ये प्राणी व वनस्पती दोन्ही आल्या-आणि ते ज्या नैसर्गिक परिस्थितीमध्ये आपले जीवन व्यतीत करतात ती परिस्थिती, यांचे जास्तीत जास्त आकलन करून घेणे यासाठी महत्त्वाचे ठरते. असे आकलन झाले तर माणसाचे जीवन अधिक सुखी बनू शकते, असा विश्वास बळावत चालल्याने परिस्थितिविज्ञानाच्या अभ्यासास आधुनिक जगात अधिकाधिक महत्त्व येत चालले आहे.

अलीकडे दिल्लीच्या सेंटर फॉर सायन्स ॲन्ड एन्व्हायरन्मेंट या संस्थेने भारतातल्या परिस्थितिसंबंधाने एक अहवाल प्रकाशित केला आहे. परिस्थितिविज्ञानाच्या अनेक नामवंत अभ्यासकांनी हा अहवाल तयार करण्यास हातभार लावलेला आहे आणि या अहवालाला " नागरिकांनी सादर केलेला अहवाल " असे उपशीर्षक देण्यात आलेले आहे. सरकारी खाती, संस्था व संघटना यांच्यातर्फे निरनिराळ्या विषयांवर आणि प्रश्नांवर अहवाल नेहमीच प्रसिद्ध केले जातात. याउलट, हा अहवाल नागरिकांतर्फे सरकारला सादर करण्यात आला आहे. मात्र भारताच्या परिस्थितीवर जे सरकारी अहवाल प्रसिद्ध होतात त्यांमध्ये जसे शेती, उद्योग, वाहतूक, दळणवळण, वीज-उत्पादन, लोकसंख्या, सिंचन-योजना वगैरे विभाग पाडून त्यांतील प्रगती, त्या संबंधातल्या योजना, यांबद्दल माहिती दिलेली असते, तशी विभागणी या अहवालात करण्यात आलेली नाही. त्याऐवजी भूमी, पाणी, वातावरण, वने, निवास, ऊर्जा, लोक, आरोग्य, वन्य जीवन, शासन असे परिस्थितीचे स्वरूप जास्त सच्चेपणाने पुढे मांडणारे व या विभागांचे परस्परावलंबित्व दाखवून देणारे विभाग या अहवालात करण्यात आले आहेत. अर्थकारणावर (आणि राजकारणावर) आधारलेल्या सरकारी अहवालातील माहितीपेक्षा नागरिकांनी तयार केलेल्या अहवालातील माहिती म्हणूनच भारतातील जीवनाचे अधिक यथार्थ चित्र रेखाटते आणि जीवनाला स्पर्श करते.

माणसाने निसर्गावर केलेल्या आघातांचे विदारक चित्र हा अहवाल आपल्या डोळ्यांसमोर उभे करतो. या अहवालाच्या " भूमी " या प्रकरणात म्हटले आहे की, सरकारी माहितीनुसार देशाच्या एकूण क्षेत्रफळापैकी ४३·६ टक्के जमीन लागवडीखाली आहे, १४·६ टक्के कुरणे आहेत. १०·७ टक्के वने आहेत आणि १२·२ टक्के लागवडीखाली आणणे शक्य आहे. मात्र एकूण क्षेत्रफळाच्या ८५·७ टक्के भूमी, म्हणजे जवळपास सर्व भूमीची पाण्यामुळे आणि वाऱ्यामुळे धूप मोठ्या प्रमाणावर झालेली आहे. तज्ज्ञांच्या मते जिला सिंचनाचे पाणी उपलब्ध आहे, अशा जमिनीतून दर हेक्टरी सरासरी ४ टन उत्पादन निघायला हवे आणि जिराईत जमिनीतून दर हेक्टरी २ टन उत्पादन निघायला हवे. इतके उत्पादन निघाले, तर आता आहे त्यापेक्षा किती तरी जास्त लोकसंख्येला भारतीय शेती अन्नधान्य सहज पुरवू शकेल. खतांचा वापर १९५१ सालापेक्षा सातपट वाढला असूनही इतके उत्पादन आपण मिळवू शकत नाही. याचे कारण हेच की, जमिनीचा योग्य वापर केला जात नाही. भूमी फार मोठ्या प्रमाणावर नासविली जात आहे. पावसाच्या माऱ्यामुळे, नद्यांच्या पुरामुळे शेकडो-हजारो टन सुपीक माती वाहून जात आहे. योग्य प्रमाणापेक्षा जास्त पाणी पुरविल्यामुळे, कालव्यातून झिरपणाऱ्या पाण्यामुळे ठिकठिकाणी जमिनी पाणथळ बनल्या आहेत; क्षार पृष्ठभागावर येऊन खारवट झाल्या आहेत. सहाव्या पंचवार्षिक योजनेमध्ये अशा प्रकारे नासल्या गेलेल्या जमिनींना पुन्हा लागवडीस योग्य बनविण्यासाठी ५८५ कोटी रुपयांची तरतूद करण्यात आलेली आहे. यामध्ये फक्त ६४ लाख हेक्टर

जमीन सुधारू शकेल. पण एकूण नासले गेलेले क्षेत्र लागवडीयोग्य बनवायचे, तर जवळपास ७००० कोटी रुपये खर्ची पडतील. म्हणजे जमिनीचा योग्य वापर न केल्यामुळे देशाला केवढे प्रचंड नुकसान सोसावे लागले आहे, याची कल्पना येईल.

भूमीप्रमाणेच दुसरी जीवनावश्यक गोष्ट म्हणजे पाणी. या अहवालात म्हटले आहे की, आपल्या देशाला उपलब्ध असलेल्या एकूण पाण्यापैकी ७० टक्के पाणी प्रदूषित म्हणजेच मानवी जीवनास घातक बनले आहे. भारताच्या बहुतेक प्रमुख नद्यांचे पाणी प्रचंड प्रमाणावर प्रदूषित झालेले आहे दिल्ली आणि आग्र्याच्या दरम्यान यमुनेचे पाणी पिण्यास तर सोडाच, पण आंघोळीसही योग्य नाही. राजस्थानातील अणु–ऊर्जा, कोळशापासून वीज उत्पादन, खत उत्पादन इत्यादी कारखान्यांमुळे चंबळ नदीचे पाणी इतके दूषित झालेले आहे की, ते पिऊन शेकडो गुरे मरण पावली आहेत. कागद आणि त्याचा लगदा निर्मिणाऱ्या कारखान्यांतून येणारे पाणी मिसळल्यामुळे गोमती नदी प्रदूषित झाली आहे. कागद, रसायने, सिमेंट आणि साखर कारखान्यांमुळे शोण नदी प्रदूषित झालेली आहे; तर दुर्गापूर ते असनसोल या पट्ट्यातील प्रचंड कारखानदारीमुळे दामोदर नदी मृतवत झालेली आहे.

दक्षिणेतल्या नद्यांची स्थितीही आशादायक नाही. कागद कारखाने आणि कोळशापासून वीज निर्मिणारी केंद्रे यांमुळे गोदावरी प्रदूषित झाली आहे. कृत्रिम तंतू निर्मिणारा कारखाना तसेच पोलाद व कागद कारखान्यांमुळे तुंगभद्रेचे पाणी घातक बनले आहे, तर दक्षिणेतली सर्वांत प्रदूषित नदी म्हणून कावेरी कुप्रसिद्ध झाली आहे. कागद, रसायने, भारत हेवी इलेक्ट्रिकल्स हा सरकारी कारखाना आणि कातडी कमावण्याचे कारखाने हे कावेरीच्या प्रदूषणास कारणीभूत आहेत.

याशिवाय शहरांचे, गावांचे सांडपाणी मिसळल्यामुळे बहुतेक नद्यांचे आणि तलावांचे पाणी पिण्यास योग्य तर नाहीच; पण संसर्गजन्य रोग, विशेषतः आतड्यांचे व पोटाचे रोग पसरविण्याची ती केंद्रे बनली आहेत. देशातील बहुसंख्य जनतेच्या आरोग्यावर याचा घातक परिणाम झाला असून भारतीय जनता दिवसेंदिवस आरोग्यदृष्ट्या अधिकाधिक कमकुवत बनत चालली आहे, ही मोठ्याच दुर्दैवाची गोष्ट होय. आंतरराष्ट्रीय पातळीवर निरनिराळ्या क्षेत्रांमध्ये आपली जी पीछेहाट होते आहे, त्याचे एक प्रमुख कारण म्हणजे सर्वसामान्य जनतेचे निकृष्ट आरोग्य होय. शारीरिक दृष्ट्या कमकुवत झालेली माणसे मानसिक दौर्बल्याचेही बळी ठरतात. असा दोन्ही प्रकारे कमजोर झालेला जनसमूह आपले स्वातंत्र्य किती काळ टिकवू शकेल, हा मोठाच प्रश्न आहे.

आर्थिक विकासाच्या नावाखाली व उद्दिष्टाने मानवाकडून निसर्गावर जे आघात झाले, त्यांची फळे अशी कडू असू शकतात, ही गोष्ट अलीकडेच ध्यानात येऊ लागली आहे. हवेच्या प्रदूषणाबद्दल असेच म्हणता येईल. या प्रदूषणाचे गांभीर्य सर्वसामान्य जनतेपर्यंत पोचले ते मुंबईजवळच्या चेंबूर येथील उदाहरणाने. तेलशुद्धीकरणाचे कारखाने, अणु–ऊर्जा वगैरेंमुळे येथील हवा प्रदूषित होऊन त्याचा परिणाम येथील रहिवाशांच्या आरोग्यावर झाला. मथुरेजवळच्या तेलशुद्धीकरण कारखान्यामुळे ताजमहालचा संगमरवरी दगड खराब होऊ लागला, तोही दूषित हवेचाच परिणाम. कोळसा वापरून वीज उत्पादन करणारी केंद्रे, कृत्रिम खते निर्मिण्याचे कारखाने, एवढेच नव्हे तर मुंबईच्या कापड-गिरण्या यांच्यापासूनही हवा मोठ्या प्रमाणावर दूषित झाल्याचे आढळून आले आहे. या गिरण्यांत काम करणाऱ्यांमध्ये क्षय आणि कॅन्सर या रोगांचे प्रमाण वाढत चालल्याचे पाहणीमध्ये आढळून आले. आपल्या देशात वाहनांची एकूण संख्या इतर देशांच्या मानाने कमी असली तरी मुंबई, कलकत्ता, दिल्ली यांसारख्या मोठ्या शहरांत त्यांचे केंद्रीकरण झाल्याचे आढळून येते. पेट्रोलवर चालणाऱ्या वाहनांमधून बाहेर पडणाऱ्या धुरांत कार्बन मोनॉक्साइड या विषारी वायूचे प्रमाण जास्त असल्याने या शहरातील हवा प्रदूषित होण्यास वाहने मोठ्याच प्रमाणावर जबाबदार ठरतात. त्याशिवाय लाकूड किंवा कोळसा स्वयंपाकासाठी उघड्या चुलींमध्ये बहुसंख्य जनता वापरते. या चुलींतून बाहेर पडणारा धूर हा खेडोपाड्यांतील हवाही दूषित करतो. शहरांमध्येही अजून कित्येक लोक चुली वापरतातच. त्यामुळेही शहरांतली हवा प्रदूषित होते.

अनुक्रमणिका

भारतातील प्रमुख दहा शहरांमधील हवेच्या प्रदूषणाचा थोडाफार अभ्यास सेंट्रल पब्लिक हेल्थ इंजिनिअरिंग रिसर्च इन्स्टिटयूट, नागपूर आणि नॅशनल एन्व्हायर्नमेंटल इंजिनिअरिंग रिसर्च इन्स्टि-टयूट या दोन सरकारी संस्थांनी केला आहे. मुंबई, दिल्ली, मद्रास, कलकत्ता या प्रमुख शहरांतील हवेचे प्रदूषण मानवी अरोग्यास धोकादायक असल्याचे त्यांनी दाखवून दिले आहे. कानपूर, बंगलोर, पुणे यांसारख्या झपाटयाने वाढणाऱ्या औद्योगिक शहरां-तील हवाही अतिशय वेगाने प्रदूषित होत असल्याचे आढळून आले आहे.

हवा, पाणी आणि जमीन या मानवी जीवनास आवश्यक अशा तीन मूलभूत गोष्टी. त्यांच्या दर्जा-कडे एवढे दुर्लक्ष झाले तरी कसे ? असा प्रश्न मनात सहजच उभा राहतो. मात्र असे दुर्लक्ष केवळ आपल्याच देशात झाले आहे असे मुळीच नाही. औद्योगीकरणाचा मार्ग ज्यांनी उत्क्रांत केला अशा युरोप-अमेरिकेतील देशांत याच गोष्टी घडून गेल्या आहेत आणि मानवी जीवनाचा दर्जा लक्षात घेतला तर औद्योगीकरणाची जबर किंमत आपल्याला मोजावी लागली आहे, ही गोष्ट त्यांच्या ध्यानात घेऊन चुकली आहे. मात्र त्यांच्याच मार्गावरून जाणारे विकसनशील देश त्याच चुका पुन्हा करीत आहेत, हे दुर्दैव होय.

विकसित राष्ट्रांत परिस्थितिविज्ञानाच्या अभ्यासास विशेष चालना मिळाली ती दुसऱ्या महायुद्धानंतरच; जेव्हा औद्योगीकरणाचे मानवी जीवनावर होणारे दुष्परिणाम प्रकर्षाने जाणवू लागले तेव्हाच. १९७० सालापासून आपल्याकडेही हीच प्रक्रिया मूळ धरू लागली आणि परिस्थितिविज्ञा-नाची सर्वसामान्य जनतेला यथातथ्य जाणीव करून देण्याच्या प्रक्रियेमधील एक महत्त्वाचा टप्पा, वर उद्धृत केलेल्या "दी स्टेट ऑफ इंडियाज एनव्हायर्न-मेंट" या नागरिकांनी तयार केलेल्या अहवालाच्या प्रकाशनाने गाठला गेला.

भारतातील पर्यावरणाच्या स्थितीचे या अहवालाने रेखाटलेले चित्र पाहिले, तर असे वाटणे साहजिक आहे की, परिस्थितिविज्ञानाचे अभ्यासक औद्योगी-करणाचे, आधुनिकतेचे विरोधक आहेत. जागतिक स्पर्धेत टिकायचे असेल, तर औद्योगीकरणाशिवाय, आधुनिक तंत्रज्ञान स्वीकारल्याशिवाय तरणोपाय नाही; शिवाय आधुनिक तंत्रज्ञानानेच प्रदूषणा-सारख्या प्रश्नांवर मात करणे शक्य आहे. तेव्हा औद्योगीकरणाचा सपाटा चालूच ठेवणे आणि त्याचबरोबर तंत्रज्ञानाचा विकास घडवून आणून औद्योगीकरणाने निर्माण झालेल्या प्रश्नांवर मात करणे हाच मार्ग योग्य, अशा विचारांचा पुरस्कार करणारेही लोक पुष्कळ आहेत. हे जर खरे असेल तर परिस्थितिविज्ञानाचा अभ्यास देशाच्या आजच्या स्थितीत महत्त्वाचा मानायची जरूर नाही, असे म्हणावे लागेल. या अभ्यासाचे नेमके महत्त्व कोणते, हे आता पाहिले पाहिजे.

केरळमधल्या "सायलेंट व्हॅली "चे प्रकरण वृत्त-पत्रांतून बरेच गाजले. परिस्थितिविज्ञानाच्या अभ्या-सकांनी कडाडून विरोध करून ज्या धरणाखाली "सायलेंट व्हॅली" मधले जंगल बुडणार होते, ते धरण होऊ दिले नाही, ह्यामुळे केवळ राजकारणी लोकांचाच नव्हे, तर देशातील अनेक शास्त्रज्ञांचा व बुद्धिवंतांचा रोषही त्यांनी ओढवून घेतला. केवळ जंगल नष्ट होते, एवढ्याचसाठी काही हा विरोध नव्हता. या जंगलात वनस्पतींच्या, कीटकांच्या आणि प्राण्यांच्या ज्या दुर्मिळ जाती आहेत, त्या आधुनिक तंत्रज्ञानाला पुनर्निर्माण करणे केवळ अशक्य आहे आणि त्या नष्ट झाल्या, तर मानवी जीवनास उप-युक्त ठरू शकणाऱ्या अनेक जाती कायमच्या नाहीशा होतील, म्हणून या धरणाला विरोध झाला.

वनस्पतीचा, प्राण्याचा, कीटकाचा कोणताही नवीन प्रकार जन्माला घालणे आधुनिक तंत्रज्ञानाला जमलेले नाही. भविष्यकाळात जरी ही गोष्ट साध्य झाली, तरी ही विश्वामित्री सृष्टी मानवनिर्मित भेदाभेदांपासून अलिप्त असू शकेल का, हा प्रश्नच आहे. निसर्गनिर्मित घटक पृथ्वीवरच्या कोणत्याही मानवाला सारख्याच तऱ्हेने वापरता येतात. निसर्ग वर्ण मानीत नाही, जात मानीत नाही, देशांच्या सर-हद्दी मानीत नाही, धर्म मानीत नाही किंवा कोणती विचारप्रणाली मानीत नाही. मानवनिर्मित जीव या भेदांपासून अलिप्त असणे फारच असंभवनीय. एखादे राष्ट्र तंत्रज्ञानाच्या जोरावर नवीन जीव निर्माण करण्यात यशस्वी झाले, तर ते याचा उपयोग इत-रांवर स्वामित्व गाजविण्यासाठी, इतरांना गुलाम

अनुक्रमणिका

करण्यासाठी करण्याची शक्यताच जास्त. त्यापासून घातक स्पर्धा वाढत जाऊन संपूर्ण जगातील तणाव वाढणेही शक्य. अणुशक्तीचे उदाहरण अजून अगदी ताजे आहे. कोणतेही भेदाभेद न मानणारा निसर्ग टिकवून धरणे हे सर्वांच्या म्हणूनच हिताचे आहे आणि त्या दृष्टीने परिस्थितिविज्ञानाचे महत्त्व निर्विवाद होय.

स्थल, काल, परिस्थिती आणि स्वार्थ यांच्या मर्यादा जशा मानवी बुद्धीला पडतात, तशा त्या तंत्रज्ञानालाही पडणार. मानवी तंत्रज्ञानाच्या मर्यादा इतरही काही उदाहरणांवरून स्पष्ट होतील. सायलेंट व्हॅलीमधल्या धरणाचा पुरस्कार करणारे लोक असेही म्हणत होते की, एका जागेवरची झाडे तुटली तर त्यांची जागा इतरत्र तेवढीच झाडे लावून भरून काढता येईल. महाबळेश्वरसारख्या जंगलाच्या बाबतीतही हाच युक्तिवाद पुष्कळदा ऐकायला मिळतो. महाबळेश्वरमध्ये हॉटेले आणि बंगले बांधणारे लोक म्हणतात की, आम्ही त्यांच्याभोवती भरपूर झाडे लावू म्हणजे झाले ! भरपूर झाडे लावणे व ती जगविणे शक्य असले, तरी नैसर्गिक जंगले मोठ्या प्रमाणावर निर्माण करणे मानवी तंत्रज्ञानाला अजून शक्य झालेले नाही. याचे कारण म्हणजे उष्ण प्रदेशातल्या पानगळी व सदाहरीत वृक्षांच्या जंगलांत वनस्पतींची विविधता कमालीची असते. तो अनेक वर्षांच्या उत्क्रांतीचा परिपाक असतो. ती एकदा उद्ध्वस्त झाली की, पुन्हा निर्माण होण्यास तितकाच काळ जावा लागतो. समशीतोष्ण कटिबंधात त्यामानाने वनस्पतींची व इतर जीवांची विविधता कमी असते; तरीही मानवनिर्मित जंगले, निसर्ग-निर्मित जंगलांची बरोबरी करू शकत नाहीत.

मानवनिर्मित तंत्रज्ञानाचा कसा व कोण उपयोग करणार यावरही त्यापासून मिळणारे फायदे अवलंबून आहेत. दोन उदाहरणांवरून ही गोष्टही स्पष्ट होईल. भारतात आज लाकडाची प्रचंड टंचाई जाणवते आहे. इंधन म्हणून अजूनही बहुसंख्य जनता लाकूड वापरीत असली, तरी ते मिळविणे फार त्रासाचे होत आहे. ही टंचाई कमी करण्यासाठी सु-बाभूळ, निलगिरिसारख्या वेगाने वाढणाऱ्या झाडांचा प्रसार जोराने करण्यात येत आहे. मात्र इंधन, चारा (झाडांची पाने) या गोष्टी गरिबांच्या आवाक्यात येण्याऐवजी नवीन झाडांपासून, विशेषतः निलगिरीपासून मिळणारे लाकूड कागदाचा लगदा व रेयॉन बनविणाऱ्या कारखान्यांकडे जाते आहे. शिवाय ही झाडे लावण्यासाठी पिकांना उपयुक्त अशी जमीन वापरली जाते आहे. यामुळे अन्नधान्याचे उत्पादन घटण्याची शक्यता आहे. म्हणजेच इथे आधुनिक तंत्रज्ञानाचा उपयोग कारखानदारांची संपत्ती वाढविण्याकडे केला जात आहे. गरिबांना स्वस्त दरात इंधन पुरविणे व त्याच्यासाठी होणारी वनांची तोड थांबविणे हे उद्देश बाजूला पडले आहेत.

दुसरे उदाहरण धरण-योजनांचे घेता येईल. १९७९ सालापर्यंत भारतात १५५४ मोठी धरणे बांधण्यात आली. या क्षेत्रातील तंत्रज्ञानात भारत अग्रेसर आहे. कै. जवाहरलाल नेहरूंनी धरणांना "आधुनिक भारताची तीर्थस्थाने" म्हटले. पण या धरण-योजनांचा सर्वांगीण अभ्यास केल्यास त्यांचा फायदा एका मर्यादित वर्गास झाल्याचेच प्रत्यंतर येते. धरण-योजनांमुळे जे लोक निर्वासित झाले, त्यांचे योग्य पुनर्वसन कुठेच झाले नाही. पुष्कळ ठिकाणी असे घडले की, पाणलोट क्षेत्रातील स्वयंपूर्ण खेडी व त्यांची संस्कृती धुळीला मिळाली आणि धरणासाठी भिजणाऱ्या जमिनीच्या क्षेत्रात राहणाऱ्या लोकांची भरभराट झाली. म्हणजे इंग्रजीत जी म्हण आहे, "रॉबिंग पीटर टु पे पॉल" त्याचे प्रत्यंतर आले. पुष्कळदा असेही झाले की, ज्यांनी धरणासाठी जमिनी दिल्या, त्यांना त्यापासून शेतीला, पिण्याला पाणी मिळाले नाही, वीजही मिळाली नाही. ती मिळाली दूरच्या शहरांतील कारखान्यांना आणि शहरातील नागरिकांना. या धरणांमुळे निर्वासित झालेले लोक शहरांत रोजगारासाठी गेले. त्यांच्या झोपडपट्ट्या उभ्या राहिल्या आणि शहरांनाही अवकळा आली.

खरे म्हणजे धरण-योजनेमुळे जी सामाजिक व आर्थिक उलथापालथ होते, त्याची किंमत धरण-योजनेच्या खर्चाच्या अंदाजपत्रकात समाविष्ट केली पाहिजे; पण असे केले जात नाही. तसे केले, तर कोणतीच योजना नियोजन मंडळाने घालून दिलेल्या आर्थिक निकषांच्या कसोटीस उतरणार नाही. त्यातही धरणाखाली जे जंगल बुडते, किंवा त्यामुळे

अनुक्रमणिका

जे जंगल तुटते, पुनर्वसनासाठी जी तोड केली जाते, त्याची किंमत जर धरणाच्या खर्चात मिळविली, तर कोणतीच धरण-योजना फायदेशीर ठरत नाही. आजही कोणतीही धरण-योजना स्वतःचा खर्च भरून काढू शकत नाही, मग तो सिंचनाचा असो किंवा वीजनिर्मितीचा असो. सिंचन आणि वीज-वाटप या दोन्हींसाठी मोठ्या प्रमाणावर सबसिडी द्यावी लागत असली आणि सरकारी तिजोरीवर त्याचा प्रचंड ताण पडत असला, तर प्रचंड धरणे बांधणे आणि त्याबाबतचे अद्ययावत तंत्र आत्मसात करणे यांपासून कोणता फायदा झाला ?

जी गोष्ट धरणांची तीच गोष्ट मोठ्या कारखान्यांची. कारखान्यांमुळे देशाच्या संपत्तीत जरूर भर पडते; पण सामाजिक व आर्थिक उलथापालथही होते. त्यांपासून काही विशिष्ट वर्गांना फायदे होतात, तर इतरांच्या पदरी वंचना येते. अद्ययावत यंत्रे, अवजारे, खते, बी-बियाणे, रसायने वापरून केल्या जाणाऱ्या शेतीच्या बाबतीतही असेच म्हणता येईल. मानवी तंत्र आणि त्याचा उपयोग नेहमीच सापेक्ष राहणार. नैसर्गिक उत्क्रांतीची निरपेक्षता त्यात कधीच आढळणार नाही.

परिस्थितिविज्ञानाच्या अभ्यासकांचा मानवी तंत्रज्ञानाला जो विरोध आहे. त्यामागील भूमिका अशी आहे. मानवी तंत्रज्ञान संपूर्णपणे टाकाऊ आहे, अशी टोकाची भूमिका ते घेत नाहीत. नैसर्गिक घटकांइतकी निरपेक्षता या तंत्रात येणे शक्य नसले, तरी त्याची सापेक्षता घातक परिणाम तरी होणार नाहीत, इथपर्यंत कशी कमी करता येईल, तंत्र बदलता कसे येईल, याचाच परिस्थिति-विज्ञानात शोध घेतला जातो आणि त्यासाठी निसर्गाचेच साहाय्य घेतले जाते.

शेतीचेच उदाहरण घेतले, तर सुधारित बियाण्यांच्या ज्या जाती आज प्रचारात आणल्या जात आहेत, त्या वन्य बियाण्यांशी संकर करूनच तयार केलेल्या आहेत. या वन्य बियाण्यांची ताकद विशिष्ट किडींशी, रोगांशी सामना करण्यास उपयोगी पडते. कीड नष्ट करण्यासाठी जी रासायनिक कीटकनाशके वापरली जातात, ती मानवी जीवनासही घातक ठरतात. त्यांच्याऐवजी विशिष्ट किडीला मारक असे इतर कीटक मुद्दाम जोपासून पिकांवर सोडले जातात. अशा तऱ्हेचा "बायॉलॉजिकल कंट्रोल" जास्त विकसित केला जावा, निसर्गातील कीटकांचा अभ्यास करून असे तंत्र आत्मसात करावे असा परिस्थिति-वैज्ञानिकांचा आग्रह असतो. रासायनिक खतांऐवजी सेंद्रिय, नैसर्गिक खते वापरली; तर जमिनीचा मगदूर जास्त दिवस टिकतो. भरपूर रोख उत्पन्न देणारे पीक सतत न घेता, जमिनीचा कस सतत टिकविणारी पिके घ्यावी, असे हे अभ्यासक सांगतात.

याहीपुढे जाऊन असे म्हणता येईल की, शेती, वने, बागायती, कुरणे हे जमिनीचे केवळ काही उपयोग झाले. जमिनीचा प्रकार, तिचे स्थान, तिचा कस, तिला लागणाऱ्या विविध घटकांची उपलब्धता यांचा विचार करून तिचा उपयोग ठरविला गेला पाहिजे. भरपूर पाण्याचा पुरवठा असणारी गाळाची जमीन शेती–बागायतीसाठी न वापरता कारखान्यांखाली गेली तर तो राष्ट्रीय तोटा झाला. तसेच अत्यंत कमी पावसाची, वालुकामय, क्षारयुक्त अशी जमीन भरपूर पाणी–पुरवठा करून शेतीखाली आणणेही चूक आहे. ती वन्य जीवनासाठी राखून ठेवली, तर तिची उत्पादकता जास्त वाढू शकेल आणि राष्ट्रीय संपत्तीत ती भर घालू शकेल आणि तेही विषमता न वाढविता म्हणजेच कोणत्याही विशिष्ट गटाचा फायदा होऊ न देता.

मोठ्या धरण-योजनांवर करावा लागणारा प्रचंड खर्च आणि त्यापासून होणारी सामाजिक, आर्थिक उलथापालथ व निसर्गाचा नाश टाळण्यासाठी लहान धरणे, पाझर तलाव यांना प्राधान्य देऊन त्यांच्यापासून सिंचन व पाणीपुरवठा करण्याचे तंत्र विकसित केले जावे, अशी या अभ्यासकांची मागणी असते. लहान धरणांवर स्वस्त दराने वीजनिर्मितीही करता येते, हे चीनने दाखवून दिले आहे. हे तंत्र इथे आत्मसात केले जावे, असे ते म्हणतात.

काही ठिकाणी कदाचित मोठी धरणे किंवा मोठे कारखाने अपरिहार्य ठरतील. त्यांची उभारणी करताना त्यांचे निसर्गावर व समाजावर कोणते परिणाम होतील, दुष्परिणाम टाळण्याठी किती खर्च करावा लागेल, हे विचारात घेऊनच खर्च आणि फायदे यांचे कोष्टक बसवावे, असा या अभ्यासकांचा आग्रह असतो. तसेच उत्पादनाच्या किंमतीचा विचार करताना प्रदूषण नष्ट करण्याचा जो खर्च येईल,





तो एकूण खर्चात अंतर्भूत केला पाहिजे, असे ते म्हणतात.

यांवरून परिस्थितिविज्ञान आधुनिक तंत्र व त्याने साधलेली प्रगती यांना त्याज्य मानत नाही, तर ही तंत्रे विकसित करताना व अमलात आणताना ज्या गोष्टींचा आज विचार केला जात नाही. त्या गोष्टी विचारात घेतल्या जाव्यात, असा त्याचा आग्रह असतो, असे दिसून येईल,

भारतातली खेडी स्वयंपूर्ण झाली पाहिजेत, राष्ट्रीय विकासाची सुरुवात खेड्यांच्या सुधारणे-पासून झाली पाहिजे, प्रत्येक खेडे झाडीत लपलेले असले पाहिजे, असा म. गांधींचा जो आग्रह होता, त्याला परिस्थितिविज्ञानाचा शास्त्रीय आधार होता, याची जाणीव अलीकडे झालेली आहे. भारताच्या पंचवार्षिक योजनांची सुरुवात १९५१ साली झाली आणि पहिल्या पंचवार्षिक योजनेमध्ये म. गांधींच्या वैचारिक भूमिकेला पुष्कळच स्थान देण्यात आलेले होते. दुसऱ्या योजनेपासून मात्र मोठी धरणे, प्रचंड कारखाने यांवर भर देण्यात आला आणि विकासाच्या प्रयत्नांनी वेगळेच वळण घेतले. म. गांधींची, परिस्थितिविज्ञानातर आधारलेली भूमिकाच पत्करली असती, तर आज काही निराळेच चित्र दिसले असते.

खाजगी क्षेत्राच्या हातात राष्ट्राच्या आर्थिक नाड्या जाऊ नयेत म्हणून मोठे उद्योग, बँकांसारखे आर्थिक व्यवहार सरकारी मालकीचे करण्यात आले. त्याऐवजी राष्ट्राची जी नैसर्गिक संपत्ती आहे तिचा वापर कसा व्हावा याची राष्ट्रीय योजना तयार करणे आवश्यक होते. भूमी ही राष्ट्रीय संपत्ती मानून तिचा कोणी व कसा वापर करायचा याची योजना हवी होती. नद्या, तळी, समुद्र, पर्वत, वने, वन्य प्राणी यांच्या वापराचीही राष्ट्रीय योजना तयार केली असती, तर राष्ट्रीय संपत्तीची बचत व संवर्धन झाले असते. दुर्दैवाने परिस्थितीच्या नियो-जनापेक्षा आर्थिक नियोजनाला जास्त महत्त्व प्राप्त झाले; परिस्थितिवैज्ञानिकापेक्षा अर्थशास्त्रज्ञ व वाणिज्यशास्त्रज्ञ महत्त्वाचे ठरले.

अर्थकारण (आणि त्याबरोबर येणारे राज-कारण) यांनाच केवळ महत्त्व प्राप्त झाल्यामुळे त्या अनुषंगाने केले गेलेले कायदेकानू व नियंत्रणे यांचे प्रचंड जंजाळ आज तयार झालेले आहे. याचा परिणाम म्हणजे सरकारची जनतेकडे पाहण्याची दृष्टी संशयी बनली आहे. समाजातील व्यवहारात त्याचेच प्रतिबिंब पडून समाजातील घटकही एक-मेकाकडे संशयानेच पाहत आहेत. व्यक्तिव्यक्तीं-मधील विश्वास गमावला जाणे, ही राष्ट्रीय शोकां-तिका म्हणावी लागेल.

निसर्ग हा शाश्वत आहे, त्यातील घटक निरपेक्ष आहेत. मानवाचे कल्याण करावे असा जसा त्यांचा हेतू नाही, तसा कोणत्याही मानवी समूहांचे नुक-सान करावे असाही त्यांचा हेतू नाही. नैसर्गिक परिस्थितीचा हा समतोल न ढळू देताही मानवी प्रगती व आर्थिक उन्नती शक्य आहे, ही जाणीव समाजात पसरली आणि शासकीय पातळीवर स्वीकृत झाली, तर मानवी व्यवहारांवर जी नियं-त्रणे येतील, त्यांचे स्वरूप आजच्या आर्थिक नियं-त्रणांपेक्षा वेगळे असेल, अधिक समताप्रधान असेल. एकमेकांच्या हेतूंबद्दल संशय घेण्याचे कारण मूलतः त्यात असणार नाही. सामाजिक सामंजस्य वाढीस लागणे हा माझ्या मते परिस्थितिविज्ञानाच्या अभ्यासाचा सर्वांत मोठा फायदा होय.



अनुक्रमणिका

एकविसाव्या शतकातील तंत्रज्ञान

जीवतंत्रविद्या : एक विहंगम अवलोकन*

अ. ना. इनामदार

अंदमासे अर्धशतकापूर्वी म्हणजे १९३० साली डॉ. जे. डी. बर्नाल व डॉ. जे. बी. एस्. हॉल्डेन या सुप्रसिद्ध शास्त्रज्ञांनी असे भाकीत केले होते की, लवकरच जीवशास्त्राचे युग अवतरेल. त्यानंतरच्या पन्नास वर्षांत हे भाकीत खरे ठरले. जीवशास्त्राच्या क्षेत्रात एक क्रांती घडून आली व जीवतंत्रविद्येचा (बायोटेक्नॉलॉजीचा) उगम झाला. या क्रांतीचे श्रेय अनेक धडाडीच्या शास्त्रज्ञांना द्यावे लागेल.

जीवतंत्रविद्या हा शब्द आपण अलीकडे बऱ्याच शास्त्रीय नियतकालिकांतून वरचेवर वाचतो व निरनिराळ्या वैज्ञानिक परिषदांमधूनही याचा उच्चार होतो. जीवशास्त्रातील प्रक्रियांची तांत्रिक व उपयोजित बाजू म्हणजेच जीवतंत्रविद्या होय. त्यामुळे जीवतंत्रविद्या ही जीवरसायनशास्त्र, सूक्ष्म-जीवशास्त्र व रासायनिक अभियांत्रिकी यांचा एकत्रितपणे उपयोग करणारी विज्ञानाची शाखा झाली आहे. या नवीन शास्त्रामुळे एकविसाव्या शतकात मानवाच्या व प्राण्यांच्या प्रकृतिस्वास्थ्यात लाक्षणिक प्रगती घडवून आणण्यास मदत होईल.

मानवी इन्सुलिन हे १९८० च्या सप्टेंबरमध्ये बाजारात विक्रीसाठी आले. ते नेहेमीच्या पद्धती-प्रमाणे ठरावीक प्रथिने वेगळी करून त्यांच्या शुद्धीकरणाने नव्हे, तर जीवतंत्रविद्येच्या ज्ञानाच्या आधारे तयार केलेले होते. बऱ्याच औषधांच्या नव्या उत्पादकांनी अशा प्रकारचे प्रकल्प सुरू केले असून अशा प्रकारे बनविलेल्या निरनिराळ्या नव्या रसायनांची मानवी (उपरुग्ण, क्लिनिकल) व प्राण्यांच्या शरीरावर चाचण्या घेण्याचे प्रयत्न चालू आहेत.

अशा प्रकारच्या नवीन उत्पादनांमध्ये विविध प्रकारच्या इन्टरफेरॉनांचा समावेश होतो. ही कमी रेणुभार असलेली विषाणुप्रतिबंधक प्रथिने असून ही निसर्गतःच आपल्या शरीरात तयार होत असतात. त्याचप्रमाणे कॅल्सिटोनिन या मानवी वृद्धिसंप्रेरका-चाही (हॉर्मोनाचाही) यात समावेश होतो. या प्रथिन संप्रेरकामुळे रक्तातील कॅल्शिअमचे व विविध प्राणिवृद्धिसंप्रेरकांचे प्रमाण कमी केले जाते. तसेच लाळ रोगावरील लस म्हणूनही याचा उपयोग होतो.

मद्य, बिअर, व्हिनेगार व त्याचप्रमाणे मद्यार्क असलेली निरनिराळी पेये वितंचनाच्या (आंब-विण्याच्या) क्रियेने तयार करण्यासाठी जीवतंत्र-विद्येच्या साधनांचा गेली कित्येक शतके उपयोग केला जात आहे. त्याचप्रमाणे काही अन्नपदार्थांच्या उत्पा-दनात, औषधनिर्मितीत व सांडपाण्यावरील प्रक्रिये-तही ही साधने वापरात होती. जीवतंत्रविद्येच्या अगदी अलीकडच्या टप्प्यात पेशींच्या चयापचया-संबंधीच्या ज्ञानाच्या आधारे त्यांच्यामार्फत ठरावीक पदार्थांची निर्मिती करवून घेण्यात येते.

अलीकडे जीवरसायनशास्त्र व रेणु-आनुवंश-शास्त्र यांच्या सिद्धांतांचा प्रगत जीवांमध्ये उपयोग करून घेण्यात बरीच प्रगती झाली आहे. त्यायोगे कोणत्याही एका जीवातील डी एन ए चा (डीऑक्सिरिबो न्युक्लिइक अम्लाचा) लहानसा तंतू एखाद्या प्लास्मिडमधील अथवा जीवाणुभक्षींतील (बॅक्टिरिओफाजमधील) वर्तुळाकार डी एन ए मध्ये सामावून घेता येतो. त्यानंतर या प्लास्मिडचे किंवा जीवाणुभक्षींचे जीवाणूमध्ये फुटन (क्लोनिंग) केले जाते. या तंत्रास पुनःसंयोगी डी एन ए चे तंत्र अथवा आनुवंशशास्त्रीय अभियांत्रिकी असे म्हणतात. किण्वाच्या (यीस्टच्या) पेशी युकॅरिओट गटात मोड-तात व त्यात जनुकाचे (जीनचे) नियमन होते.

* अ. ना. इनामदार यांच्या मूळ इंग्रजी लेखाचा हा मराठी अनुवाद डॉ. व्ही. जी. वैद्य, पुणे यांनी केला आहे.

अनुक्रमणिका

वरील पद्धतीने किण्वपेशींचे फुटन घडवून आणण्याचे तंत्र हल्ली विकसित होत आहे. अशा प्रकारे एकविसाव्या शतकात जी शास्त्रे आघाडीवर येण्याचा संभव आहे, त्यांपैकी काहींत वरील तंत्राचा नक्कीच वापर होईल.

सध्या प्रथिन अभियांत्रिकीद्वारे उत्तम प्रकारची विकरे (एंझाइमे) तयार करण्यात येत आहेत. ही विकरे म्हणजे ठरावीक प्रक्रियांत भाग घेणारी उत्प्रेरके होत. कधीकधी अशा प्रकारे तयार केलेल्या विकरांचे (अथवा अशी विकरे निर्माण करणाऱ्या पेशींचे) स्थिरीकरण करणे आवश्यक असते. हे विकर या क्रियेमुळे नष्ट तर होत नाहीच; पण उलट बऱ्याच वेळा त्यास रासायनिक आधार मिळाल्यामुळे त्याचे स्थैर्य वाढते. स्थिरीकरण केलेली विकरे सध्या उद्योगधंद्यांत वापरली जात आहेत. मक्यातील साखरेचे विकराच्या या क्रियेने शर्करापाकात रूपांतर करता येते. विकरांच्या अशा प्रक्रियांमध्ये ऊर्जेची बचत होते व ऊर्जा संरक्षणाच्या दृष्टीने त्या महत्त्वाच्या ठरतील.

वनस्पतींच्या पेशींचे संवर्धन करण्याच्या तंत्रातही प्रगती होत आहे. या तंत्रास नंतर पुन:संयोजी डी एन ए च्या तंत्राची जोड देता येईल. औद्योगिक वितंचनाच्या क्षेत्रातही अशीच प्रगती होत आहे. सूक्ष्मजीवांचा प्रतिजैविके (अँटिबायॉटिक) तयार करण्यासाठी उपयोग करून घेण्यात येत आहे. अॅमिनो आम्लांसारख्या अनेक महत्त्वाच्या रसायनांच्या उत्पादनातही असे तंत्र वापरता येणे शक्य आहे.

आपल्या देशात सध्या जीवतंत्रविद्येच्या ज्या तंत्रांना अग्रक्रम दिला पाहिजे, ती म्हणजे जैवअभियांत्रिकी, प्रकाशसंश्लेषण, पेशीसंवर्धन, विकर अभियांत्रिकी, मद्योत्पादक वितंचन व प्रतिक्षमताशास्त्र. पुन:संयोगी डी एन ए च्या तंत्रामध्ये बरेच धोके दडलेले आहेत, असे अलीकडे दिसून आले आहे. तरीपण या तंत्रावर व्यवस्थित नियंत्रण ठेवल्यास जीवतंत्रविद्येचा उपयोग करून रोग निर्माण करणाऱ्या सूक्ष्मजंतूंना तोंड देता येईल. लाळ रोग हा पाळीव प्राण्यांमधील संसर्गजन्य रोग एक प्रकारच्या विषाणूंमुळे उद्भवतो. या विषाणूचे फुटन करण्यात आता यश मिळाले आहे. त्यामुळे त्यावर प्रयोग करणे सोपे झाले व त्या विषाणूच्या काही वैशिष्ट्यांची माहिती उजेडात आली व या रोगाच्या लस-निर्मितीस चालना मिळाली. अशा प्रकारे आपल्या देशाच्या दृष्टीने ज्या काही महत्त्वाच्या प्रश्नांची जैव अभियांत्रिकीच्या उपयोगाने उकल होत आली, त्यांची अजून बरीच उदाहरणे देता येतील.

पेशींच्या दीर्घकालीन फुटनापासून महत्त्वाची प्रतिद्रव्ये (अँटिबॉडीज) मिळविता येतात. पुष्कळ विषाणू, सूक्ष्मजंतू, कवक व परोपजीवी सजीवांचा प्रतिकार करू शकणारी प्रतिद्रव्ये अस्तित्वात आहेत. पेशीसंकरण (हायब्रिडोमा) तंत्र १९७५ साली विकसित झाल्यावर प्रतिक्षमताशास्त्रात एक नवे दालन उघडले गेले. या तंत्रामध्ये कर्कपेशींचे प्रतिक्षमता प्राप्त झालेल्या माणसाच्या प्रतिद्रव्ये निर्माण करणाऱ्या पेशींशी संमिलन घडवून आणले जाते. या प्रकारे संकरण केलेल्या पेशींचे संवर्धन करताना त्यांचे भराभर विभाजन होत जाते व त्या विशिष्ट प्रतिद्रव्य तयार करतात. अशा प्रकारे तयार केलेल्या विशिष्ट प्रतिद्रव्यास एकफुटनी प्रतिद्रव्य असे नाव आहे.

कर्करोग व तत्सम रोगांचे निदान करणे व त्यानंतर त्यांवरील उपचारपद्धती शोधणे हे एक आपले महत्त्वाचे उद्दिष्ट झाले आहे. निरनिराळ्या प्रकारच्या कर्करोगांशी सामना करू शकणारी एकफुटनी प्रतिद्रव्ये सध्या निर्माण केली जात आहेत. त्याचप्रमाणे याच तंत्राने काही अनुवंशिक रोगांवरही प्रतिद्रव्ये तयार करण्याचे प्रयत्न होत आहेत. हेच तंत्र वनस्पतींच्या काही संसर्गजन्य रोगांच्या निदानातही उपयोगी ठरले आहे.

एखाद्या रोगावरील परिणामकारक लशीचे अगदी कमी वेळात उत्पादन करण्यासाठी एकफुटनी प्रतिद्रव्य तंत्र व पुन:संयोगी डी एन ए तंत्र या दोहोंचा उपयोग फारच आशादायक ठरला आहे. अशा प्रकारे लस तयार करण्याचा एक फायदा असा की, सबंध सजीव वापरण्याऐवजी त्याचे एक किंवा काही अंगके वापरता येतात. असे करताना विषाणूच्या संसर्गक्षम अंगकांपासून प्रतिजन वेगळे केले जाते व त्यामुळे उत्पादन करीत असताना संसर्ग होण्याचा संभव टाळला जातो.

एखाद्या सजीवाच्या जनुकाने दिलेल्या संदेशानुरूप प्रथिनांची निर्मिती होत असते. या क्रियेत जनुकाचा

अनुक्रमणिका

तयार साचा दुसऱ्या एखाद्या सजीवाकडून घेता येईल किंवा एका नव्या जनुकाचे संश्लेषण करून तो साचा म्हणून वापरता येईल. अशा प्रकारे आपल्या इच्छेप्रमाणे निरनिराळ्या प्रथिनांची पेशींकडून निर्मिती करून घेण्याचे तंत्र साध्य होण्याच्या मार्गावर आहे. अशा प्रकारे प्रभावी विकरे निर्माण करून ती अत्यंत महत्त्वाच्या व दुर्मिळ रसायनांच्या निर्मितीमध्ये उत्प्रेरकाचे कार्य करतील. त्याचप्रमाणे नैसर्गिक जैव पदार्थापेक्षाही अधिक कार्यक्षम जीवरसायने–विशेषतः विकरे–औद्योगिक वापरासाठी मोठ्या प्रमाणात उपलब्ध होऊ शकतील.

बोरलॉग्सारख्या वनस्पतिप्रजनकांनी जवळजवळ चार दशके प्रयत्न करून वनस्पतींच्या जास्त उत्पन्न देणाऱ्या, रोगप्रतिरोधक व अन्नाच्या दृष्टीने उपयोग करण्यासाठी उत्तम जाती तयार केल्या. त्यांनी वापरलेली तंत्रे यापुढेही उपयुक्त ठरतील; परंतु त्या तंत्रांच्या जोडीला सध्या विकसित होत असलेली इतर काही तंत्रे वापरात येतील. वनस्पतीच्या पेशींचे संवर्धन करण्याच्या तंत्राने तयार केलेल्या वनस्पती सध्या विकत मिळू शकतात. अशा तंत्राने निरनिराळ्या प्रकारच्या वनस्पती तयार करता येतील व त्या सध्याच्या जातींपेक्षा अधिक उपयुक्त ठरतील, असे मानण्यास काही पुरावे मिळत आहेत.

वनस्पतीच्या पेशींची सेल्युलोजची पेशीभित्तिका काढून टाकून एरवी संकर न होऊ शकणाऱ्या दोन जातींच्या वनस्पतींच्या प्राकलांचे मिलन घडवून संकरित जाती मिळविण्याचे प्रयत्न चालू आहेत.

वनस्पतीच्या जनुकांच्या नियमनाविषयी आज फारच थोडी माहिती उपलब्ध आहे. त्यामुळे प्रत्यक्ष एखाद्या वनस्पतीच्या बाबतीत जैव अभियांत्रिकी तंत्रे वापरण्यात अडचणी येतात. यासाठी दुसरा एखादा मार्ग चोखाळणे जरूर आहे. उदाहरणार्थ, नत्राचे स्थिरीकरण करणाऱ्या वनस्पतीच्या मुळामध्ये वास्तव्य असलेल्या सूक्ष्मजंतूंत सुधारणा घडवून आणणे. सायनोबॅक्टिरिअम व रायझोबिया अशांसारख्या विशेषतः बदलत्या परिस्थितीत तग धरणाऱ्या व निरनिराळ्या प्रकारच्या मातींत वाढू शकणाऱ्या, सूक्ष्मजंतूकडून होणारी नत्रस्थिरीकरणाची क्रिया सुधारता आली, तर तत्काल फायदे मिळतील. त्याचप्रमाणे आधुनिक तंत्राने वनस्पतीतील प्रकाशसंश्लेषणाची क्रिया जास्त सक्षम करणे व वनस्पतीतील रोगप्रतिकारक शक्ती उन्नत करणे या दृष्टीने अभ्यास होत आहे.

बिअरच्या निर्मितीमध्ये मद्योत्पादक वितंचन चालू असताना निरनिराळे पदार्थ वेगळे करता येतात. अशा पदार्थांचा प्रतिजैविके म्हणून उपयोग होत नाही, असे दिसून आले आहे. परंतु त्या पदार्थांचे इतर अनेक वैद्यकीय उपयोग सापडले आहेत. कोंबड्यांना कृमी व जंतूंद्वारे जे रोग होतात, त्यांवर उपचारासाठी काही उपयुक्त पदार्थ सापडले आहेत. काही पदार्थ जनावरांना खायला दिले, तर मिथेनच्या निर्मितीस थोडाफार आळा बसतो व घतलेल्या अन्नपदार्थांची उपयुक्तता वाढते, असे दिसून आले आहे.

वितंचनाच्या तंत्राने काही कीटकनाशकेही तयार करण्यात आली व ती पारिस्थितिकीच्या दृष्टीने जास्त सुरक्षित असल्याचे दिसून आले. १० टन रासायनिक द्रव्यांची प्रतिवर्षी निर्मिती होते. त्यांपैकी बऱ्याच रसायनांची सूक्ष्मजीवांच्या साहाय्याने घडवून आणलेल्या वितंचनाने (जरूरीप्रमाणे त्यावर अधिक क्रिया करून) निर्मिती करता येईल.

काही सामाजिक विवंचनाही जीवतंत्रविद्येच्या प्रगतीतून निर्माण झाल्या आहेत. उदा., अशी एक भीती आहे की, एकजनुकी आनुवंशिक रोग बरे करण्याचे तंत्र जर कधी अवगत झाले, तर कदाचित तेच तंत्र वापरून एखाद्याच्या इच्छेनुरूप माणसाचा स्वभावपालट घडवून आणता येईल. तरीपण अशी भीती निराधार आहे असे वाटते. या दृष्टीने पाहिले तर सर्व ज्ञान हेच एका दुधारी पात्याप्रमाणे आहे व त्याचा वापर भविष्य काळात कसा म्हणजे चांगला किंवा वाईट होईल, यासंबंधी भाकीत करणे कठीण आहे.

जानेवारी १९८२ मध्ये म्हैसूर येथे भरलेल्या भारतीय शास्त्र परिषदेच्या अधिवेशनात प्रथम राष्ट्रीय जीवतंत्रविद्या विभागाच्या स्थापनेची घोषणा करण्यात आली. आपल्या देशातील जीवतंत्रविद्येच्या संशोधनाच्या उभारणीच्या दृष्टीने व त्यायोगे एकविसाव्या शतकातील भरीव प्रगतीच्या दिशेने टाकलेले हे महत्त्वाचे पाऊल होय.



अनुक्रमणिका

वैद्यक तंत्रज्ञान : एक नवी दिशा

बाळ फोंडके

ग्रीक पुराणातील नार्सिससची कथा हे मानव-प्राण्याचे, त्याच्या आत्मकेंद्रित वृत्तीचे सत्य चित्रण आहे. असे म्हटल्यास वावगे ठरू नये. आरशात दिसणाऱ्या स्वतःच्या प्रतिमेवर मानवप्राणी खूष असतो. स्वतःच्या बाह्यांगाकडेच तो अधिकाधिक लक्ष पुरवितो आणि ते बाह्यांग म्हणजेच स्वत्व असे मानण्यात धन्य होतो. त्यामुळेच की काय पण आधुनिक वैद्यकशास्त्र बाल्यावस्थेत असताना या बाह्यांगाकडेच जास्तीतजास्त लक्ष दिले गेले नाडी-परीक्षा, तपमान, डोळ्यांची अवस्था, कातडीचा रंग यांवरूनच मानवाच्या शरीरस्वास्थ्याची पारख करण्यात आली; पण ही अपुरी आहे. मानवी जीवनाचे रहस्य शरीराच्या आत दडलेल्या विविध अवयवांमध्ये, त्यांच्या कार्यप्रणालींमध्ये एकमेकांसमवेत असणाऱ्या त्यांच्या सुसंवादामध्ये दडलेले आहे, याची जाणीव तेव्हापासूनच होत होती. त्यामुळे 'अंतर्मुख' होण्याकडे साऱ्यांचे लक्ष लागलेले होते. हृदयाचे ठोके मोजण्यासाठी लायनॅकने लावलेला स्टेथॉस्कोपचा शोध हे या मार्गावरील पहिले पाऊल असे म्हणावयास हरकत नाही. कारण तेव्हापासून शरीराची चीरफाड न करताही सहसा अदृश्य असणाऱ्या शरीरांतर्गत अवयवांचीही पाहणी करता येणे शक्य होईल, अशी नवी दृष्टी वैद्यकशास्त्रज्ञांना लाभली.

त्याचीच परिणती आजच्या तंत्रज्ञानाने समृद्ध अशा आधुनिक वैद्यकशास्त्रात झाली आहे. आज वैद्यकशास्त्रातील या संपूर्ण प्रगतीचा उपयोग करून कोणास डोळस अश्विनीकुमार बनावयाचे असल्यास केवळ परंपरागत वैद्यकशास्त्राचा अभ्यास अपुराच पडतो. त्याच्या जोडीला पदार्थविज्ञान, रसायन, इलेक्ट्रॉनिक्स, गणकयंत्रविज्ञान, जीवअभियांत्रिकी या शाखांचाही अभ्यास अपरिहार्य ठरत आहे. विज्ञानाच्या या शाखांनी वैद्यकशास्त्राला केलेली मदत रोगनिदान, रोगोपचार व रोग्याचे पुनर्वसन या तिन्ही क्षेत्रांत क्रांती घडवून आणीत आहे.

मानवी शरीर हे एक अतिशय गुंतागुंतीचे यंत्रच आहे. त्याच्या विविध घटकअवयवांचे कार्य आणि त्या सर्वांमध्ये असणारा सुसंगत समतोल यांवरच हे यंत्र बिनतक्रार, व्यवस्थितपणे चालणे अवलंबून असते. विविध अवयवांच्या कार्यांमधील समतोल जरा जरी ढळला, तरी त्याचे पर्यवसान कोणत्या तरी विकारात होते, हे जेव्हा लक्षात आले तेव्हाच या अंतर्गत अवयवांच्या तपासणीची निकड भासू लागली. ते अवयव दृष्टिआड आहेत ही तर एक अडचण या तपासणीत होतीच; परंतु हृदयासारखा ज्याचे ठोके ऐकता येतील असाही एकच अवयव होता. बाकीच्या अवयवांचे कार्य निःशब्दपणेच चालते. यामुळे त्यांच्या पाहणीसाठी दुसरेच उपाय योजावयाची आवश्यकता होती. ती गेल्या काही वर्षांतील तंत्रज्ञानाच्या मदतीतून मिळालेल्या अनेक उपकरणांनी आणि निदानपद्धतींनी भागवत आणली आहे.

रोगजंतूंच्या आक्रमणामुळे उद्‌भवणाऱ्या रोगांचे उच्चाटन फार विस्तृत प्रमाणात आता झाले आहे. लस तयार करण्याचे तंत्र व प्रतिजैविके यांसारखी औषधे हे आता सहज साध्य झाले आहे. त्यामुळेच की काय शरीरकार्यातील समतोल ढासळल्याने उपटणाऱ्या व्याधींनी आता डोके वर काढले आहे. हृदयविकार, कर्करोग, मधुमेह, मानसिक व्याधी या आजच्या युगातील प्रमुख विकारांचे मूळ या असमतोलातच आहे आणि त्यासाठीच या आधुनिक उपकरणांची उपयुक्तता आता सहजपणे पटते.

अंतर्गत तपासणीसाठी वापरण्यात येणारे क्ष-किरण आता सर्वांच्याच परिचयाचे आहेत. शरीरातील हाडासारखे काही भाग या क्ष-किरणांना आरपार जाऊ देत नाहीत. त्यामुळे त्यांची सावली खालील फिल्मवर सहजगत्या उमटते व त्या छायाचित्राची छाननी करून हाडांच्या स्थितीबद्दलची कल्पना येऊ शकते. ज्या मृदू अवयवांमधून क्ष-किरण आरपार गेल्याने त्यांचे चित्र मिळणे





अनुक्रमणिका

शक्य नव्हते अशांबाबतीतही अपारदर्शक पदार्थ त्या अवयवांमध्ये सोडून त्यांचे चित्र मिळविण्यात शास्त्रज्ञ यशस्वी झाले आहेत. परंतु या क्षेत्रात आमूलाग्र बदल घडवून आणणारे CAT स्कॅनर (कॉंप्युटराइज्ड ॲक्सियल टोमोग्राफिक स्कॅनर) या नावाने ओळखले जाणारे नवीन यंत्र आता उपलब्ध झाले आहे. सध्यातरी प्रामुख्याने मेंदूच्या तपासणीसाठीच याचा उपयोग केला जात असला, तरी सर्वांगासाठी उपयुक्त असे स्कॅनरही (क्रमवीक्षकही) उपलब्ध आहेत.

या स्कॅनरच्या साहाय्याने होणाऱ्या मेंदूच्या पाहणीत रुग्णाला यत्किंचितही वेदना जाणवत नाहीत. या यंत्रांतील एका खास बनविलेल्या पोकळीत आपले डोके उशीवर ठेवल्यासारखे ठेवून रुग्ण आरामात झोपून राहतो. डोक्याभोवती असलेल्या धीडयाच्या नालाच्या आकाराच्या पोकळीत क्ष-किरणांचे मोजमाप करणारी यंत्रणा बसविलेली असते. नालाच्या एका टोकाला क्ष-किरण नलिका असते, तर दुसऱ्या टोकाला त्यांची मोजदाद करणाऱ्या अन्वेषकांचा एक संचच बसविलेला असतो. नलिकेतून बाहेर पडणारी पंख्याच्या आकाराची किरणशलाका डोक्याच्या तेरा मिलीमीटर जाडीच्या एक पातळ चकतीतून आरपार जाते. या चकतीला असणाऱ्या मेंदूच्या विविध अंगांमध्ये होणाऱ्या क्ष-किरणांच्या ऊर्जेच्या शोषणाचे मोजमाप पलीकडील अन्वेषकांकडून होते. किरण नलिका व अन्वेषकांचा संच हे एकमेकांशी समपातळीत जोडलेले असतात. मात्र नलिका स्थिर न राहता डोक्याच्या एका टोकापासून दुसऱ्या टोकापर्यंत सरळ रेषेत प्रवास करते. या संपूर्ण प्रवासात एकंदरीत एकशेपन्नासहून अधिक एक मिलीमीटर जाडीच्या छेदांची तपासणी होते. ती झाली की मग तो नाल १° च्या कोनातून फिरतो व परत नलिकेचा प्रवास सुरू होतो व ही प्रक्रिया डोक्याभोवती अर्धवर्तुळाकार प्रवास होईपर्यंत अखंडितपणे स्वयंचलित रीत्या चालू राहते. या पाहणीत अडीच लाखांहून अधिक बिंदूंकडून होणाऱ्या क्ष-किरणांच्या शोषणाची मोजणी होऊन ही सर्व माहिती यंत्राला जोडलेल्या एका छोट्याशा गणकयंत्राकडे पाठविली जाते. तेथे तिचे विश्लेषण होऊन संपूर्ण मेंदूचे किंवा त्याच्या हव्या त्या भागाचे चित्र आपल्याला मिळते.

हेच टोमोग्राफीचे तंत्र पण क्ष-किरणांऐवजी काही किरणोत्सर्गी पदार्थांमधून बाहेर पडणाऱ्या पॉझिट्रॉन कणांचा उपयोग करून घेणारी पॉझिट्रान टोमोग्राफीही आता अस्तित्वात आली आहे. कर्करोगापायी उपद्भणारे काही गुल्म (ट्यूमर) किरणोत्सर्गी पदार्थांच्या बाबतीत इतर निरोगी अवयवांपेक्षा जास्त चोखंदळ असतात, हे लक्षात आल्यापासून कर्करोगनिदानासाठी या तंत्राचा वापर होत आहे. हे गुल्म काही किरणोत्सर्गी पदार्थ अधिक प्रमाणात शोषून घेतात, तर काही पदार्थांना हे बिलकूल थारा देत नाहीत. निरोगी अवयव व गुल्म यांच्या वागणुकीतील या फरकाचाच उपयोग निदानासाठी करता येतो.

यासाठी केवळ टोमोग्राफीचेच गुंतागुंतीचे तंत्र वापरावयास हवे असेही नाही. क्ष-किरणांच्या साध्या तपासणीत जसे साधे छायाचित्रही बरेच काही सांगून जाते, त्याप्रमाणे या किरणोत्सर्गी पदार्थातून बाहेर पडणाऱ्या किरणांमुळेही छायाचित्र मिळू शकते. भारतासारख्या देशातही किरणोत्सर्गी पदार्थांची मोठ्या प्रमाणावर निर्मिती होत असल्यामुळे या गुप्तहेर अणूंना वेठीस धरणारी 'न्यूक्लिअर मेडिसिन' ही वैद्यकशास्त्राची शाखा आता चांगलेच मूळ धरीत आहे.

या अंतर्गत तपासणीसाठी शास्त्रज्ञांनी ध्वनिलहरींनाही वेठीस धरले आहे. रडारमध्ये ज्याप्रमाणे आपण सोडलेल्या रेडिओलहरी पलीकडील पदार्थावर आपटून परत आपल्यापर्यंत पोचण्यास लागणारा वेळ व त्या लहरींच्या गुणधर्मात होणारा फरक यांवरून तो पदार्थ किंवा वस्तू कोणती आहे व किती अंतरावर आहे, याचे निदान करता येते, तेच तत्त्व या निदानपद्धतीत वापरण्यात येते. यासाठी वापरण्यात येणाऱ्या ध्वनिलहरी आपण कानांनी ऐकू शकत नाही. एका सेकंदास २० ते २५,००० कंपनसंख्या असणारा ध्वनीच मानवी कानांना ऐकू येतो. याहून जास्त कंपनसंख्या असणाऱ्या श्रवणातीत ध्वनिलहरी या पद्धतीत वापरण्यात येतात.

यासाठी वापरण्यात येणारा अन्वेषक एखाद्या टेपरेकॉर्डरला जोडल्या जाणाऱ्या मायक्रोफोनसारखाच दिसतो. त्यातून बाहेर पडणाऱ्या ध्वनिलहरी शरीरावर, त्यातील विविध अवयवांवर आदळतात व





तेथून परतल्यावर त्याच अन्वेषकाकडून तो प्रतिध्वनी ग्रहण केला जातो. या प्रतिध्वनीच्या स्वरूपानुसार त्या त्या अवयवाचे चित्र, ध्वनिलहरींचे विद्युतचुंबकीय लहरींमध्ये रूपांतर करून, उभे करता येते. मूत्रपिंड, यकृत, प्लीहा किंवा हृदय यांसारख्या मृदू अवयवांच्या पोटातील सूक्ष्म फरकांचे आकलन फक्त श्रवणातीत ध्वनींच्या साहाय्यानेच करता येते. त्यामुळे या अवयवांवर उठणाऱ्या गाठी किंवा त्यांना आलेली सूज किंवा त्यांवर उठलेल्या द्रव पदार्थाने भरलेल्या पुटकुळ्या शरीरात खोलवर असल्या, तरी सहजगत्या दिसून येतात.

निर्जीव पदार्थांप्रमाणेच संजीव पदार्थही शेवटी अणुरेणूंचेच बनलेले असतात. या अणूंच्या अणुगर्भामधील कण चुंबकीय गुणधर्म बाळगून असतात. किंबहुना हे कण म्हणजे छोटेछोटे चुंबकच असतात. जर बाह्य चुंबकीय क्षेत्रात हे छोटे चुंबक सापडले, तर त्या दोघांमध्ये जी काही प्रक्रिया होईल तिचे मोजमाप करून त्या छोट्या चुंबकांसंबंधी व पर्यायाने ते ज्याचे घटक आहेत त्या पदार्थाविषयी मूलभूत माहिती मिळविणे शक्य आहे, हे या 'न्यूक्लिअर मॅग्नेटिक रेझोनन्स' या नावाने ओळखल्या जाणाऱ्या तंत्रामागील मूलतत्त्व आहे. गेल्या चार-पाच वर्षांत या तंत्रात व त्यासाठी लागणाऱ्या उपकरणांत भरीव प्रगती झाली आहे. पाश्चात्त्य देशांमध्ये याचा वापर वाढतो आहे व त्या प्रमाणात CAT वगैरेंचे उच्चाटन होत आहे. याचे प्रमुख कारण म्हणजे CAT किंवा इतर तत्सम तंत्रामध्ये जे क्ष किरण किंवा किरणोत्सर्गी पदार्थ वापरावे लागतात त्यांचे अनिष्ट परिणाम शरीरावर अत्यल्प प्रमाणात का होईना, होतातच. या उलट श्रवणातीत ध्वनी वा चुंबक यांचे कोणतेही अनिष्ट परिणाम आजवर तरी दिसून आलेले नाहीत.

रोगनिदानापुरतीच तंत्रज्ञानातील ही प्रगती मर्यादित नाही. रोगोपचारासाठीही नवनवीन पद्धती रूढ होत आहेत. औषधे जुनीच असली तरी त्यांची परिणामकारकता वाढविण्याचा उद्देश यापाठी आहे. सर्वच उपायांचा किंवा उपकरणांचा परिचय करून देणे इथे शक्य होणार नाही; परंतु दोन उदाहरणांवरून कोणत्या दिशेने या तंत्रज्ञानाचा प्रवास चालू आहे, हे स्पष्ट होईल.

साधारणत: कोणत्याही रोगाची वस्ती एकाद्याच अवयवामध्ये असते. उदाहरणार्थ, काविळीचे स्थान यकृतात असते. मधुमेहामध्ये स्वादुपिंडात बिघाड झालेला असतो. परंतु औषध जेव्हा दिले जाते तेव्हा ते तोंडावाटे किंवा इंजेक्शन दिल्यास शिरेवाटे देण्यात येते. ते रक्तप्रवाहात मिसळून त्या त्या अवयवांपर्यंत पोचते; परंतु ते फक्त त्या अवयवापुरतेच मर्यादित राहत नाही. इतर अवयवांनाही त्याचा प्रसाद मिळतो. अर्थातच औषध झाले, तरी त्याचेही काही दुष्परिणाम असतातच. त्यांची झळ इतर अवयवांना पोचल्याशिवाय राहत नाही. शिवाय औषधाच्या दिलेल्या मात्रेचा काही अंशच रोगग्रस्त अवयवापर्यंत पोचत असल्यामुळे रोगास अटकाव करण्यास आवश्यक मात्रेपेक्षा कितीतरी अधिक प्रमाणात त्या औषधाची मात्रा द्यावी लागते. यावर उपाय म्हणून फक्त त्या अवयवाकडेच पोचणारी लक्ष्यवेधी औषधे बनविता येणार नाहीत का, असा विचार पुढे आला.

आता अशी नेमकी 'घरपोच' होणारी औषधे उपलब्ध होत आहेत. वास्तविक औषध तेच पण लायपोझोम या नावाने ओळखल्या जाणाऱ्या एक प्रकारच्या विशिष्ट कुपीत बंद केलेले असते. ही कुपी अर्थात काही रसायनांची बनविण्यात आलेली असते. या कुपीच्या आवरणावर असे रेणू असतात की, जे इतर कोणाशीही संबंध ठेवीत नाहीत वा त्यांच्याशी प्रक्रिया करीत नाहीत. मात्र ज्या अवयवापर्यंत पोचायचे त्याची वाट पुसत नेमके तिथेच पोचतात; त्या अवयवाच्या बाह्यावरणावरील रेणूंची या रेणूंना नेमकी ओळख पटते. त्या अवयवावरील रेणू म्हणजे जणू या बंद कुपीला उघडू शकणारी किल्लीच आणि अशा तऱ्हेने ती कुपी उघडली गेली की, तिच्यातील औषधाचा डोस नेमका त्या अवयवाला मिळतो.

या क्लृप्तीमुळे औषधाची बचत तर होतेच; शिवाय इतर अवयवांना विनाकारण या औषधाचा डोस घ्यायची पाळी येत नाही. शिवाय त्या रोगग्रस्त अवयवांपर्यंत पोचेतो त्या औषधाची कोणत्याही प्रकारची मोडतोडही होत नाही.

काही काही रोगांमध्ये एका वेळी औषधाची मात्रा कमी असली तरी चालते; मात्र दीर्घकाळपर्यंत या छोट्या छोट्या मात्रेचा पुरवठा होणे आवश्यक

अनुक्रमणिका

असते. किंवा मधुमेहासारख्या विकारात जेव्हा रक्तातील साखरेचे प्रमाण वाढते तेव्हाच इन्शुलिनची गरज भासते. निरोगी स्वादुपिंड याच 'मागणीनुसार पुरवठा' या तत्त्वावर काम करते. त्यासाठी रक्तातील साखरेचे प्रमाण मोजण्याची यंत्रणा त्याच्यामध्ये उपलब्ध असते. आणि त्यानुसार ते प्रमाण नियमित प्रमाणापेक्षा वरचढ झाले की, स्वादुपिंडातून इन्शुलिनचा स्राव सुरू होतो. जसे रेफ्रिजरेटरमधील तपमान चढले की, त्यातील दाबपंप कार्यान्वित होऊन तपमान उतरण्यास प्रारंभ होतो. आणि ते आखून दिलेल्या मर्यादेपर्यंत घटले की, दाबपंप आपोआप बंद होतो.

इंजेक्शनद्वारे देण्यात आलेले इन्शुलिन मात्र रक्तातील साखरेचे प्रमाण घटले तरी आपले काम करीतच राहते. त्यामुळेच काही काही वेळा साखरेचे प्रमाण अतिशयच कमी होऊन जीव घाबरा-घुबरा होतो. यावर उपाय म्हणून स्वादुपिंडाच्या कामाची नक्कल करणारे एक स्वयंचलित यंत्र आता उपलब्ध झाले आहे. पोटाच्या पोकळीत सहजगत्या बसणाऱ्या या छोट्याशा यंत्रात रक्तातील साखरेचे प्रमाण मोजणारा एक अन्वेषक, त्याचे विश्लेषण करणारे एक छोटेसे गणकयंत्र, त्या गणकयंत्राच्या आज्ञेनुसार कार्यान्वित होणारा दाबपंप व इन्शुलिनचे कोठार असते. आणि हे यंत्र छोट्याशा घड्याळासाठी वापरण्यात येणाऱ्या चपट्या बॅटरीवर चालते. त्या यंत्रातील कोठारामधील इन्शुलिनचा साठा संपल्यास परत शस्त्रक्रिया करावी न लागता बाहेरून एका इंजेक्शनद्वारे ते कोठार परत भरता येते.

नवनवीन औषधांबरोबरच ते देण्याच्या पद्धतीत असा आमूलाग्र बदल घडवून आणणारी अशी अनेक अनेक यंत्रे आता सहजगत्या तयार होत आहेत. रोगोपचाराच्या एकंदरीत मूलभूत सूत्रांमध्येच त्यामुळे फरक पडत आहे.

आधुनिक तंत्रज्ञान रोग्याच्या पुनर्वसनाबद्दलही तेवढेच जागरूक आहे. याचीही सुरुवात प्रथम बाह्यांगापासूनच झाली. बाह्य अवयवांची मोडतोड झाल्यास त्याबद्दल वापरता येणारे कृत्रिम हातपाय आजकाल सहजासहजी मिळू शकतात. बांबू, वेत यांपासूनही असे कृत्रिम अवयव बनवले जात आहेत. परंतु केवळ बाह्य अवयवांपुरतेच हे कसब मर्यादित न राहता कृत्रिम हृदय, कृत्रिम मूत्रपिंड, कान (पडदा) त्वचा एवढेच काय पण फ्लोरोकार्बन या रसायनाचा वापर करून कृत्रिम रक्तही आता तयार होत आहे. कृत्रिम शिश्न तयार करून तशा प्रकारच्या व्याधीने ग्रस्त असणाऱ्यांना कामसुखही मिळवून देण्यात या तंत्रज्ञानाने मदत केली आहे.

अशा प्रकारे बायो-मेडिकल इंजिनियरिंग या विज्ञानाच्या नवीन शाखेने आज जन्म घेतला आहे. जीन अभियांत्रिकी, जीवतंत्रज्ञान ही त्याला पूरक अशी शास्त्रे आहेत. दुर्दैवाने महाराष्ट्रातच काय परंतु भारतात मात्र या विज्ञानाचा अभ्यास करणारे संशोधक अभावानेच आढळतात. किंबहुना एकंदरीत वैद्यकशास्त्रातील संशोधनाकडे भारतीयांचे दुर्लक्षच आहे. दिल्लीच्या ऑल इंडिया इन्स्टिटयूट ऑफ मेडिकल सायन्सेसमध्ये व इंडियन कौन्सिल ऑफ मेडिकल रिसर्चच्या अधिपत्याखाली असणाऱ्या काही संस्थांमध्ये थोडयाफार प्रमाणात असे संशोधन होत आहे; परंतु त्यातही जीवशास्त्रच आघाडीवर आहे. वैद्यकीय पदवी घेणारी मंडळी केवळ स्वतःच्या प्रॅक्टिसमध्ये दंग राहतात. तीही सेवा आहे हे खरे; परंतु त्यातील काही टक्के डॉक्टर तरी संशोधनाकडे वळल्याशिवाय किंवा काही टक्के वेळ तरी त्यासाठी दिल्याशिवाय आपण वैद्यकीय सुविधांसाठी, त्यातील नवनवीन प्रगतीसाठी सदोदित परदेशांवरच अवलंबून राहू. याचा विचार होणे ही आजची सर्वप्रथम गरज आहे.



अनुक्रमणिका

खगोलीय भौतिकी

प्रास्ताविक

खगोलविज्ञान ही विज्ञानाची प्राचीनतम शाखा समजली जाते. त्याचीच विसाव्या शतकातील आधुनिक उपशाखा खगोलभौतिकी (अॅस्ट्रोफिजिक्स) या नावाने प्रसिद्ध झाली आहे. पदार्थवैज्ञानिक अणूंची अंतररचना जाणून घेण्याचा प्रयत्न करीत असताना आधुनिक भौतिकीचा पाया घातला गेला. त्याचप्रमाणे ताऱ्यांचे गुणधर्म जाणण्याच्या प्रयत्नात खगोलभौतिकीचा उगम झाला. मानवी इतिहासातील सुरुवातीची तीन हजार वर्षे खगोलवैज्ञानिक ग्रहांची स्थिती व गती यांची कारणमीमांसा करण्यात गुंतले होते. न्यूटनच्या गुरुत्वाकर्षण सिद्धान्ताने त्यांची उकल झाल्यावर सूर्यकुलाच्या बाहेर दूरवर स्थान असलेल्या सूर्यसदृश स्वयंप्रकाशित ताऱ्यांकडे त्यांचे लक्ष वेधले. दुर्बिणींच्या शोधामुळे त्यांचे हे काम सुकर झाले. प्रथम ताऱ्यांची अंतरे त्यांचे दृश्य व वास्तव दीप्तिमान, रंग व वर्णपट आणि त्यांचे अवकाशातील वितरण यांचा अभ्यास झाला. त्यावरून हे सर्व तारे आकाशगंगेच्या पातळीत अधिक दाटीने जमा झाले आहेत, असे अनुमान निघाले; परंतु ताऱ्यांचे वस्तुमान, आकारमान, तपमान इत्यादी भौतिक गुणधर्म यांचे ज्ञान झाले नव्हते. प्रयोगशाळेत शोधलेले व तपासून पाहिलेले भौतिकशास्त्राचे नियम लावून ही माहिती काढता येईल, अशा विश्वासाने खगोलवैज्ञानिक त्या मार्गास लागले आणि त्यात त्यांना एवढे यश लाभले की, या नव्या मार्गास 'खगोलीय भौतिकी' हे विशेष नामाभिधान प्राप्त झाले. ताऱ्यांना प्रत्यक्ष स्पर्श न करता त्यांच्यापासून निघणाऱ्या विद्युत्कर्षुकीय प्रारणाचे अवलोकन करून त्यांचे गुणधर्म जाणून घेण्याचे एक नवे तंत्रच त्यांनी निर्माण केले. तेच आजकाल अवकाशसंशोधनात दूरान्वेषण म्हणून प्रसिद्धी पावले आहे.

खगोलभौतिकीय पद्धतीने मानवाच्या खगोलविषयक ज्ञानात मोलाची भर घातली जाऊन विश्वाचे मानचित्र आमूलाग्र बदलून टाकले. विसाव्या शतकातील पहिल्या तीस वर्षांत ताऱ्यांचे गुणधर्म व त्यांचे आकाशगंगेतील संघटन जाणून घेण्यात आले; पुढल्या पाव शतकात तारकीय उत्क्रांती व विश्वाचे प्रसरण यांचा अभ्यास झाला आणि गेल्या २५-३० वर्षांत रेडियोतंत्र व अवकाशयाने यांच्या द्वारे अप्रकाशीय खगोलविज्ञानाची नवी दालने उघडली गेली. या सर्वांचा थोडक्यात आढावा घेण्याचा या लेखाचा उद्देश आहे.

ताऱ्यांचे गुणधर्म

सूर्य आपल्या सर्वांत जवळचा म्हणजे १५ कोटी किलोमीटर किंवा ८$\frac{१}{३}$ प्रकाशमिनिटे अंतरावरचा तारा आहे. त्यामुळे त्याचे गुणधर्म सहज जाणता येतात. सूर्याचा कोणीय व्यास अर्धा अंश आहे. त्यावरून त्याचा ज्यामितीय व्यास १४ लाख किलोमीटर म्हणजे पृथ्वीच्या १०९ पट निघतो व आकारमान पृथ्वीच्या १३ लाख पट भरते. सूर्याच्या पृथ्वीवरील आकर्षणावरून न्यूटनच्या सिद्धान्ताप्रमाणे त्याचे वस्तुमान २×१०^{३३} ग्राम म्हणजे पृथ्वीच्या ३३०००० पट आहे असे समजते. पृथ्वीवरील सर्व जीवनक्रिया व हवामानातील घडामोडी सूर्याच्या ऊर्जेवर अवलंबून आहेत, हे सत्य वैदिक काळापासून माहीत आहे. पृथ्वीच्या पृष्ठभागावरील प्रत्येक चौरस सेंटिमीटरवर दर मिनिटात २ कॅलरी सौर ऊर्जा पडत असते. त्यावरून सूर्याचा पृष्ठभाग याच्या ४६००० पट तीव्रतेने ऊर्जा फेकीत असून स्टीफन व बोल्ट्झ्मन यांच्या नियमाप्रमाणे त्याचे पृष्ठतपमान ५८०० अंश केल्व्हिन आहे, असे स्पष्ट होते. सूर्याचे अंगभूत दीप्तिमान ४×१०^{३३} अर्ग प्रतिसेकंद किंवा ४×१०^{२०} मेगावॉट आहे. इतर ताऱ्यांच्या गुणधर्मांची तुलना करण्यासाठी सूर्यासंबंधीची ही माहिती आवश्यक आहे.

ताऱ्यांचे व्यास काढण्यासाठी त्यांची अंतरे व कोणीय व्यास मोजावे लागतात. ही दोन्ही

अनुक्रमणिका

कामे अत्यंत दुष्कर आहेत; परंतु त्रिकोणमितीय दृक्लंबन पद्धतीने अंतर व मायकेल्सन आणि हॅन-बरी– ब्राउन यांच्या व्यतिकरणमापकांनी कोणीय व्यास मोजून ताऱ्यांचे व्यास सूर्याच्या $\frac{1}{10}$ ते ५०० पट असतात, असे दिसून येते. ताऱ्याचे अंतर व दृश्य दीप्तिमान यांवरून त्याचे अंगभूत दीप्तिमान काढता येते आणि व्यास माहीत असल्यास स्टीफन–बोल्ट-झमन नियमाने त्याचे पृष्ठतपमान समजते. अशा रीतीने ताऱ्यांचे पृष्ठतपमान २,५०० ते ४०,००० अंश केल्व्हिन या टप्प्यात असल्याचे दिसून येते. ताऱ्यांचे वस्तुमान काढण्यासाठी तारकायुगुलातील ताऱ्यांच्या आपसातल्या गुरुत्वाकर्षणामुळे त्यांच्या वस्तुमानकेंद्राभोवती होणाऱ्या कक्षाभ्रमणाचा अभ्यास करावा लागतो. शंभर-दीडशे तारकायुगुलांच्या अभ्यासावरून ताऱ्यांचे वस्तुमान सूर्याच्या $\frac{1}{10}$ ते १०० पट असते, असे माहीत झाले आहे.

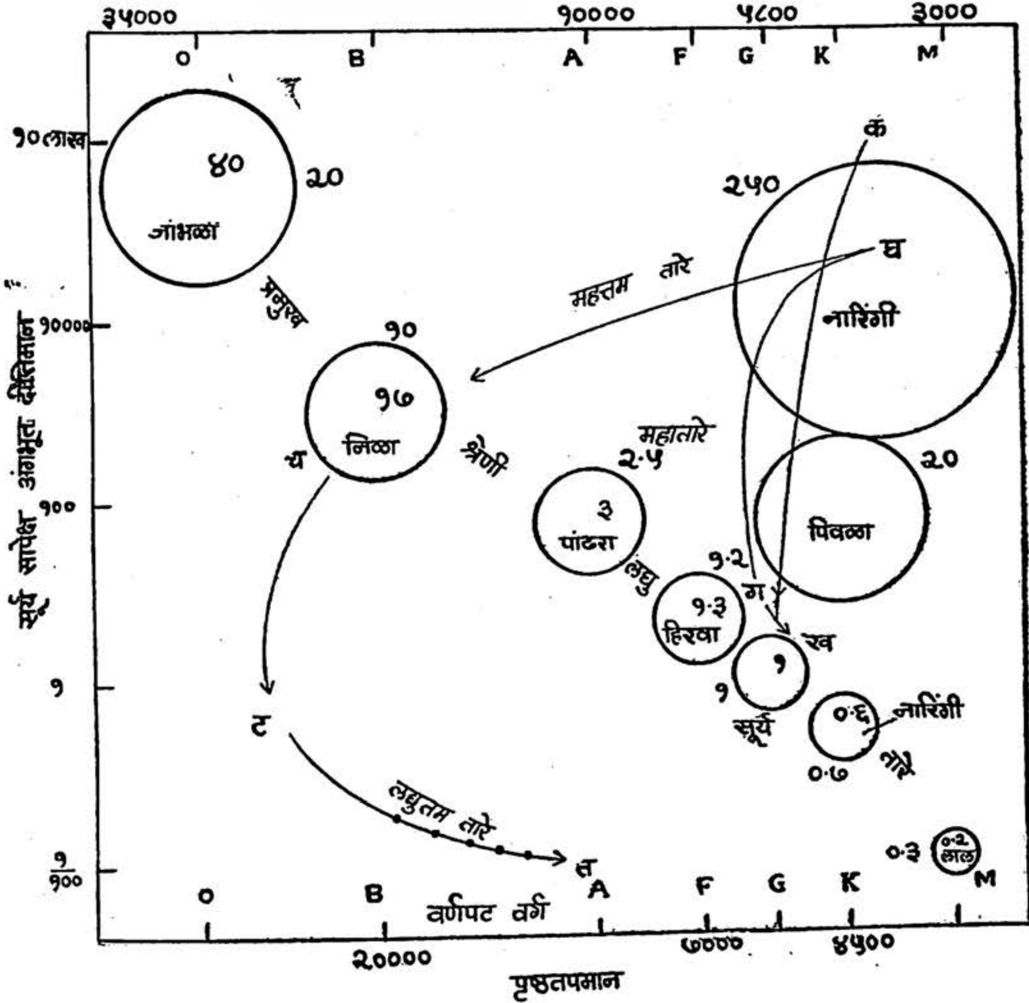
ताऱ्यांच्या भौतिकी गुणधर्मांत एवढी भिन्नता असली, तरी ७५ टक्के ताऱ्यांच्या गुणधर्मांत विशिष्ट प्रकारची एकसूत्रता दिसून येते. या ताऱ्यांच्या गटाला ' प्रमुखश्रेणी ' किंवा ' लघुतारे ' असे नाव दिले आहे. त्यांच्या O, B, A, F, G, K, M या सात वर्णपटीय वर्गांचे गुणधर्म कोष्टक क्रमांक १ व आकृती क्रमांक १ यांत निर्दिष्ट केले आहेत. आकृती क्र. १ मध्ये डाव्या वरच्या कोपऱ्यापासून उजव्या खालच्या कोपऱ्याकडे जाणाऱ्या कर्णावर प्रमुखश्रेणीचे तारे सापडतात. त्याशिवाय उजव्या वरच्या कोपऱ्यात सूर्याहून शेकडोपट मोठे 'महातारे' व 'महत्तम तारे' यांचा एक गट आणि डावीकडे खालच्या कोपऱ्यात पृथ्वीच्या आकाराच्या ' लघुतम ' ताऱ्यांचा एक गट दाखविला आहे. त्यांत अनुक्रमे २ टक्के व २३ टक्के ताऱ्यांचा समावेश होतो. या आकृतीस हर्ट्झस्प्रुंग-रसेल आलेख म्हणतात. तारकीय उत्क्रांतीचे स्पष्टी-करण करण्यासाठी त्याचा फार उपयोग होतो.

ताऱ्यांचा वर्णपट विशेषत: त्यातील शोषण-रेषांची तीव्रता– त्याच्या पृष्ठतपमानावर कसा अवलंबून असतो हे मेघनाद साहांनी १९२० मध्ये आपल्या विदलन समीकरणाने समजावून सांगितले. त्यानंतर वर्णपटावरून ताऱ्यांची मूलतत्त्वीय घटना निश्चित करणे शक्य झाले. बहुतेक सर्व ताऱ्यांत ७० टक्के हायड्रोजन, २८ टक्के हीलियम व २ टक्के इतर भारी मूलद्रव्ये असतात, हे आता सर्वमान्य झाले आहे.

कोष्टक क्रमांक १ : प्रमुखश्रेणीवरील ताऱ्यांचे गुणधर्म

वर्णपटीय गट	रंग	पृष्ठ तपमान (अंश केल्व्हिन)	सूर्यसापेक्ष वस्तुमान	सूर्यसापेक्ष त्रिज्या	सूर्यसापेक्ष दीप्तिमान	उदाहरण
O	जांभळा	३५,०००	४०	२०	३०००००	झीटा पपीस
B	निळा	२०,०००	१७	१०	१००००	चित्रा
A	पांढरा	१०,०००	३	२·५	५०	व्याध
F	हिरवट	७,०००	१·३	१·२	३	प्रश्वान
G	पिवळा	५,८००	१	१	१	सूर्य
K	केशरी	४,५००	०·६	०·७	१/४	एप्सिलॉन एरिडॅनी
M	लाल	३,०००	०·२	०·३	१/१००	बर्नार्डचा तारा

अनुक्रमणिका



आकृती क्र. १ – हर्टस्प्रुङ्ग-रसेल आलेख (ताऱ्यांचे सूर्यसापेक्ष व्यास गोलाबाहेर व सूर्यसापेक्ष वस्तुमान गोलात दाखविले आहे. गोलांचा आकार व्यासाच्या लोगॅरिथमीय प्रमाणात काढला आहे.)

ताऱ्यांचे जीवनमरण

वरील कोष्टकावरून स्पष्ट दिसते की, प्रमुख-श्रेणीतील ताऱ्यांच्या M गटापासून O गटाकडे वस्तुमान वाढते व त्याबरोबर दीप्तिमान, पृष्ठतपमान व त्रिज्या वाढत जातात. त्यांपैकी दीप्तिमान सर्वांत जास्त म्हणजे वस्तुमानाच्या घनपटीहून अधिक घाताने वाढते. या वस्तुमान–दीप्तिमान संबंधाचे ताऱ्यांच्या अंतर्रचनेबद्दलच्या सिद्धान्तातील महत्त्व एडिंग्टन यांना प्रथम समजले. उच्च तपमानावरून तारे पूर्णतः वायुरूप गोल आहेत, हे स्पष्ट दिसते. तेव्हा त्यांना द्रवस्थितिक समतोलाचे तत्त्व लागू करून त्यातील वस्तुमान वितरण काढता येते. ह्यावरून घनता, दाब, तपमान या सर्व चलराशी पृष्ठभागापासून केंद्राकडे वाढत जातात, असा निष्कर्ष निघतो. उदाहरणार्थ, आपल्या सूर्याची सरासरी घनता पाण्याच्या १·४ पट असून त्याच्या केंद्रभागाची घनता पाण्याच्या शंभरपट आहे. तसेच वरील सर्व थरांचे वजन लक्षात घेता केंद्रीय दाब पृथ्वीवरील वातावरणाच्या दाबापेक्षा १०० अब्जपट निघतो आणि आदर्श वायूचे समीकरण वापरून केंद्रतपमान $1\frac{1}{2}$ कोटी अंश केल्व्हिन येते. याच पद्धतीने सर्वांत छोट्या-

M ताऱ्यांचे केंद्रतपमान १ कोटी व सर्वांत भारी O ताऱ्यांचे केंद्रतपमान ३ कोटी अंश केल्व्हिन निघते. एकंदरीत सर्वच प्रमुखश्रेणीवरील ताऱ्यांचे केंद्रतपमान १ ते ३ कोटी अंश केल्व्हिन या दरम्यान असते. या गोष्टीचे विशेष महत्त्व हे की, या तपमानात चार हायड्रोजन अणूंचे उन्मीलन होऊन एक हीलियम अणू तयार होण्याच्या अणुगर्भीय प्रक्रिया चालू शकतात, असे १९३९ साली बेथे यांनी दाखविले. त्यात ०.७ टक्के पदार्थांचा नाश होऊन आइन्स्टाइनच्या $E = mc^2$ या सूत्राप्रमाणे प्रचंड ऊर्जा निर्माण होते. हेच ताऱ्यांच्या स्वयंप्रकाशाचे रहस्य होय. तपमानाच्या ४ ते १८ अशा उच्च घाताच्या प्रमाणात अणुगर्भीय ऊर्जा उत्पन्न होते आणि केंद्रतपमान ताऱ्याच्या वस्तुमानाबरोबर वाढते म्हणून वस्तुमानाबरोबर दीप्तिमान वाढणे क्रमप्राप्त होते. अशा रीतीने वस्तुमान–दीप्तिमान संबंधांचे स्पष्टीकरण मिळते.

हायड्रोजन उन्मीलनाचा ऊर्जास्रोत सूर्यास १०० अब्ज वर्षे पुरू शकतो; परंतु या अणुगर्भीय प्रक्रियांस लागणारे कोट्यवधी अंशांचे तपमान केंद्राजवळील १० टक्के भागातच लाभते म्हणून सूर्याची प्रमुखश्रेणीवरील पूर्ण आयुर्मर्यादा १० अब्ज वर्षे येते. त्यांपैकी ४½ अब्ज वर्षे पूर्ण झाली असून ५½ अब्ज वर्षे अजून बाकी आहेत. मानवास हा काल अनंत वाटणे साहजिक आहे.

सूर्याचा प्रमुखश्रेणीवर येण्यापूर्वीचा व त्यानंतरचा आयुष्यक्रम जाणून घेण्यासाठी त्याहून जलद गतीने विकास पावणाऱ्या भारी ताऱ्यांकडे लक्ष द्यावे लागते. सूर्यापेक्षा १० ते ४० पट भारी ऊष्ण निळे O व B तारे सूर्याच्या ५,००० ते ३,००,००० पटींनी अधिक ऊर्जा फेकतात. याचा अर्थ त्यांच्यातील १० ते ४० पट हायड्रोजनचे इंधन ५,००० ते ३,००,००० पटींच्या वेगाने खर्च होत आहे. तेव्हा उधळपट्टी करणाऱ्या श्रीमंत माणसाप्रमाणे ते आपली पुंजी वारेमाप खर्च करून लवकर दिवाळे वाजवणारे तारे आहेत. या साध्या हिशेबाप्रमाणे प्रमुखश्रेणीतील B ताऱ्यांची आयुर्मर्यादा १ ते २ कोटी वर्षे व O ताऱ्यांची २५–३० लाख वर्षे इतकी अल्प असते. म्हणून त्यांना तरुण तारे म्हणून ओळखले जाते.

उच्च दीप्तिमानाचे उष्ण निळे तरुण तारे मृग नक्षत्रातील 'ओरायन' अभ्रिका व मोनोसिरॉस नक्षत्रातील 'गुलाबपुष्प (रोझेट)' अभ्रिका यांसारख्या आंतरतारकीय अवकाशातील मोठ्या वायुधूलिमेघांत सापडतात. त्यांच्या छायाचित्रांकडे पाहिले म्हणजे आई व मुलाच्या संबंधाची आठवण होते व प्रखरप्रकाशी उष्ण निळे तारे वायुधूलिमेघांतच उत्पन्न होतात, हे तर्कसंगत वाटते. आंतरतारकीय परिस्थितीत साधारण १००० सूर्यवस्तुमानाचा वायुधूलिमेघ स्वतःच्या गुरुत्वाकर्षणामुळे आकुंचन पावू लागतो. नंतर त्याचे लहानमोठे ताऱ्यांच्या वस्तुमानाचे तुकडे पडून प्रत्येक तुकडा स्वतंत्रपणे आकुंचन पावतो. आकुंचनात प्रपातीय विद्युत्जनित्रात होते त्याप्रमाणे स्थितिनियमित ऊर्जेचे गतिनियमित ऊर्जेत रूपांतर होते. त्यामुळे त्या गोलाचे तपमान वाढू लागते व पृष्ठतपमान दोन–तीन हजार अंश केल्व्हिन झाले म्हणजे तो चमकू लागतो, अशा रीतीने ताऱ्याचा जन्म होतो. गोलाचा कोणीय संवेग जास्त असल्यास सुटया ताऱ्याच्या ऐवजी तारकायुगुल किंवा ग्रहमाला उत्पन्न होते.

ताऱ्याचा जन्म झाल्यावर सुरुवातीला बाल्यकाळात तो आकुंचन पावत राहून त्याचे केंद्रतपमान वाढत जाते आणि ते १ कोटी अंशांपर्यंत पोहोचले म्हणजे त्यात, हायड्रोजनचे हीलियममध्ये रूपांतर करणाऱ्या प्रक्रिया सुरू होतात. आता ताऱ्याला चमकत राहण्यासाठी आकुंचनाचा आधार घ्यावा लागत नाही व तो शांतपणे आपल्या हायड्रोजन अणुभट्टीचा उपयोग करीत राहतो. हीच त्याची सर्वांत जास्त काळ टिकणारी प्रमुखश्रेणीवरील प्रौढावस्था होय. या प्रौढावस्थेच्या मानाने ताऱ्याचा बाल्यकाळ शंभर ते हजार पटींनी कमी असतो. उदाहरणार्थ, आपल्या सूर्याचा बाल्यकाळ केवळ ४ कोटी वर्षांचा होता तो आकृती क्रमांक १ मध्ये 'कख' या बाणरेषेने दाखविला आहे. पुढील 'खग' या प्रौढ काळात ताऱ्याचे दीप्तिमान थोडेच वाढते. तारे आयुष्याचा सर्वांत अधिक काळ प्रमुखश्रेणीवर घालवत असल्यामुळे आपल्याला सर्वांत अधिक (७५ टक्के) तारे प्रमुखश्रेणीवर सापडतात.

ताऱ्याच्या केंद्राजवळील $\frac{1}{10}$ भाग पूर्णपणे हीलियममध्ये रूपांतरित झाल्यावर ताऱ्याच्या रचनेत

आमूलाग्र बदल होतो, असे शोनबर्ग व चंद्रशेखर यांनी निदर्शनास आणले. त्यानंतर हायड्रोजनचे इंधन संपुष्टात आल्यामुळे ताऱ्याचा गाभा आकुंचन पावतो व बाहेरील भाग फुगतो. अशा रीतीने 'गध' या मार्गाने तो महत्तर व महत्तम ताऱ्यांत परिवर्तित होतो. आणखी ५–५½ अब्ज वर्षांनी आपला सूर्यही एक महातारा होईल व पृथ्वी त्याच्या पोटात गडप होईल. या अवस्थेत ताऱ्याची फार जलद उत्क्रांती होते. आकुंचनामुळे केंद्रतपमान वाढत जाते. ते १० कोटी अंश केल्व्हिन झाले म्हणजे ३ हीलियम अणू मिळून एक कार्बन अणू बनण्याची प्रक्रिया चालू होते. तपमान आणखी वाढले म्हणजे कार्बनमध्ये हीलियम मिळून ऑक्सिजन, त्यापासून नियॉन असे एकामागून एक भारी अणू तयार होत जातात. केंद्रतपमान १ अब्ज अंश केल्व्हिन झाले म्हणजे सर्वांत टिकाऊ लोह अणूंची निर्मिती होते व न्यूट्रॉनांचे उत्पादन सुरू होते. यूट्रॉनांच्या माऱ्यामुळे २५४ अणुभार असलेल्या कॅलिफोर्नियमपर्यंतची सर्व भारी मूलद्रव्ये तयार होतात. पृथ्वीवर व आपल्या शरीरात असलेले सर्व भारी अणू असेच पूर्वी होऊन गलेल्या ताऱ्यांच्या केंद्रभागात पक्व झाले आहेत. या अणुगर्भी प्रक्रियांत ऊर्जा इतकी मोठ्या प्रमाणात व जलद गतीने उत्पन्न होते की, ताऱ्याचा स्फोट होणे अपरिहार्य ठरते व ताऱ्याच्या वस्तुमानाप्रमाणे त्याचा तीन प्रकारे शेवट होतो.

दोन सूर्यवस्तुमानापेक्षा कमी भारी ताऱ्यांचे नवताऱ्यांच्या (नोव्हा) रूपात लहान लहान स्फोट होऊन त्याचे आवरण बाहेर फेकले जाते. अशा रीतीने प्रसरण पावून आंतरतारकीय अवकाशात विलीन होणाऱ्या बिंबाभ्रिका बनतात व शेवटी १ ते १० लाख ग्राम/घन सेंटीमीटर या घनतेचा गाभा शिल्लक राहतो, तोच लघुतम तारा होय. व्याधाचा सहचर अशाच प्रकारचा लघुतम तारा आहे. त्यातोल आगपेटीभर पदार्थाचे वजन पृथ्वीवर एक टन भरेल. लघुतम ताऱ्यांच्या समतोलाचा विचार करून चंद्रशेखरांनी असे प्रस्थापित केले की, त्यांचे वस्तुमान १.४ सूर्यवस्तुमानापेक्षा अधिक असू शकत नाही. याच चंद्रशेखर सीमेच्या प्रस्थापनेसाठी त्यांना नोबेल पुरस्कार मिळाला आहे. महाताऱ्याच्या अवस्थेतून लघुतम ताऱ्याकडे होणारी वाटचाल आकृती क्र. १ मध्ये 'घचटत' या रेषेने दाखविली आहे. त्यात 'घच' या भागात स्पंदमान तारे व 'चट' या भागात वुल्फरायें तारे आणि बिंबाभ्रिका हे जुन्या ताऱ्यांचे प्रकार आढळतात.

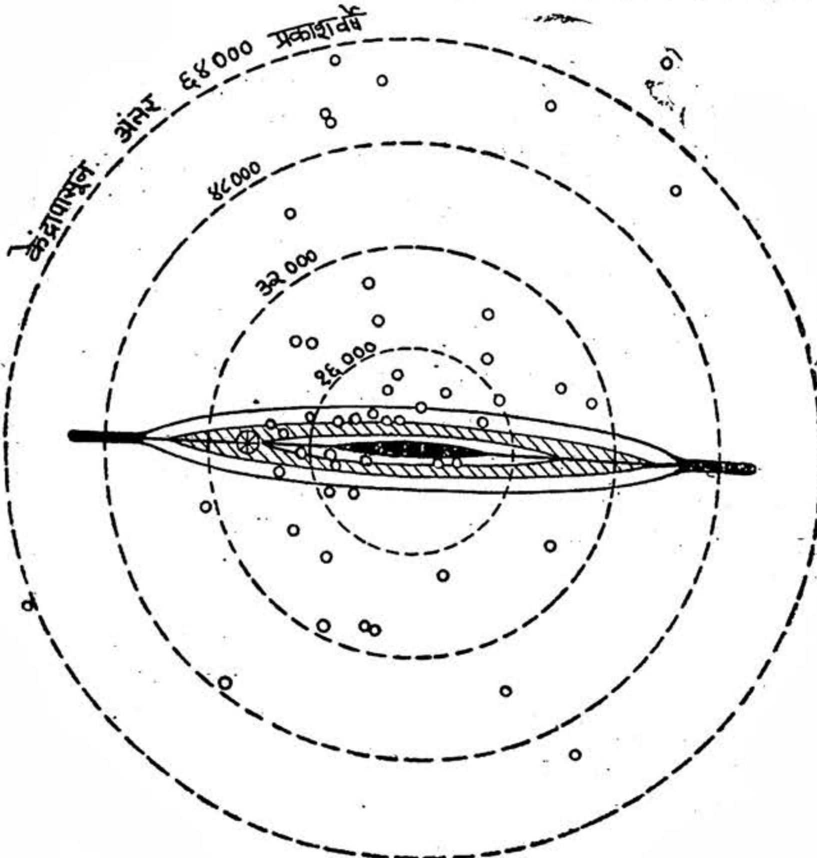
दोन सूर्यवस्तुमानाहून अधिक व पाच सूर्यवस्तुमानाहून कमी भारी ताऱ्यांचा प्रचंड स्फोट होऊन ते अतिदीप्त नवतारे (सुपरनोव्हा) बनतात. त्या वेळी त्यांचे दीप्तिमान संपूर्ण तारामंडळापेक्षा जास्त होते. ताऱ्याचे संपूर्ण बाह्य आवरण आसमंतात उधळले जाते आणि केंद्रभागी एक लाख अब्जपट घनतेचा व २० किलोमीटर व्यासाचा न्यूट्रॉन तारा शिल्लक राहतो. न्यूट्रॉन ताऱ्याच्या वस्तुमानालाही २ ते ३ सूर्यवस्तुमानाची सीमा असते. पाच सूर्यवस्तुमानाहून भारी ताऱ्यांचा स्फोट इतका जोरदार असतो की, गाभ्याचा अंतःस्फोट होऊन त्याचे असीम आकुंचन होते व शेवटी त्याच्या पृष्ठभागावरून प्रारणसुद्धा बाहेर पडू शकत नाही; अशा रीतीने ते अदृश्य होतात म्हणून त्यांना 'कृष्णविवर' असे नाव मिळाले आहे. लघुतम ताऱ्यांचा शोध या शतकाच्या सुरुवातीस लागला. न्यूट्रॉन तारे आणि कृष्णविवर यांबद्दलचे संशोधन अप्रकाशीय विद्युत्‌चुंबकीय प्रारणाच्या वेधांमुळे कसे झाले ते पुढे पाहू.

आकाशगंगेची रचना

निरभ्र रात्री आपल्याला एका वेळी दोन ते तीन हजार तारे दिसतात व दोन्ही गोलार्ध मिळून दृश्य ताऱ्यांची संख्या पाच हजारापर्यंत होईल. यांशिवाय आकाशात आपल्याला एक महावर्तुळाकृती पांढरा पट्टा दिसतो, त्याला आकाशगंगा म्हणतात. दुर्बिणीतून पाहिले असता ताऱ्यांची संख्या प्रमुख भिंग किंवा आरशाच्या व्यासाबरोबर वाढत जाते. कारण आपल्याला अधिक मंद म्हणजेच अधिक दूरचे तारे दिसतात. या दूरच्या मंद ताऱ्यांची संख्या आकाशगंगेकडे वाढत जाते. यावरून आकाशगंगा म्हणजे एक मोठे तारामंडळ आहे, हे स्पष्ट होते. आकाशगंगेचा महावर्तुळीय आकार आपला सूर्य तिच्या मध्यपातळीत स्थित आहे हे स्पष्ट करतो. निरनिराळ्या प्रतींच्या ताऱ्यांची मोजणी करून आकाशगंगेतील ताऱ्यांचे वितरण आजमावण्याचा पहिला प्रयत्न हर्शल यांनी अठराव्या शतकात केला. या पद्धतीत एक अडचण आहे, असे

१९३० मध्ये ट्रंप्लर यांना दिसून आले. ती अशी की, आंतरतारकीय अवकाशात पोकळी नसून तेथेही वायू व धूलिकण अत्यंत विरळावस्थेत (दर घन सेंटीमीटरात १ ते १० अणू) विखुरले आहेत. त्यांचे मेघ आपल्याला ओरायन अभ्रिकेसारख्या सतेज व त्रिशंकूजवळील 'कोलसॅक' सारख्या कृष्ण अभ्रिकांच्या रूपात दिसतात. या आंतरतारकीय पदार्थांमुळे ताऱ्यांचे तेज नेहमीच्या व्यस्तवर्गीय नियमापेक्षा अधिक मंदावते व त्यांचा रंग अंतराबरोबर अधिकाधिक लाल होतो. या गोष्टी लक्षात घेऊनच ताऱ्यांचे वितरण आजमावावे लागते. त्यावरून आणि शाप्ले यांनी १९१८ मध्ये अभ्यासिलेल्या गोलाकार तारकासमूहांच्या वितरणावरून आपला सूर्य आकाशगंगेच्या केंद्रभागी नसून त्रिज्येच्या ३/५ अंतरावर स्थित आहे, असे समजते. त्यामुळेच केंद्राच्या दिशेतील धनुर् राशीकडे आकाशगंगा अधिक रुंद व तेजस्वी दिसते. तर उलटचा म्हणजे मृगशीर्ष नक्षत्राच्या दिशेत ती मंद व कमी रुंद दिसते. आकाशगंगेचे केंद्र आपल्यापासून ३०००० प्रकाशवर्षे अंतरावर असून तिचा व्यास १ लाख प्रकाशवर्षांहून अधिक आहे.

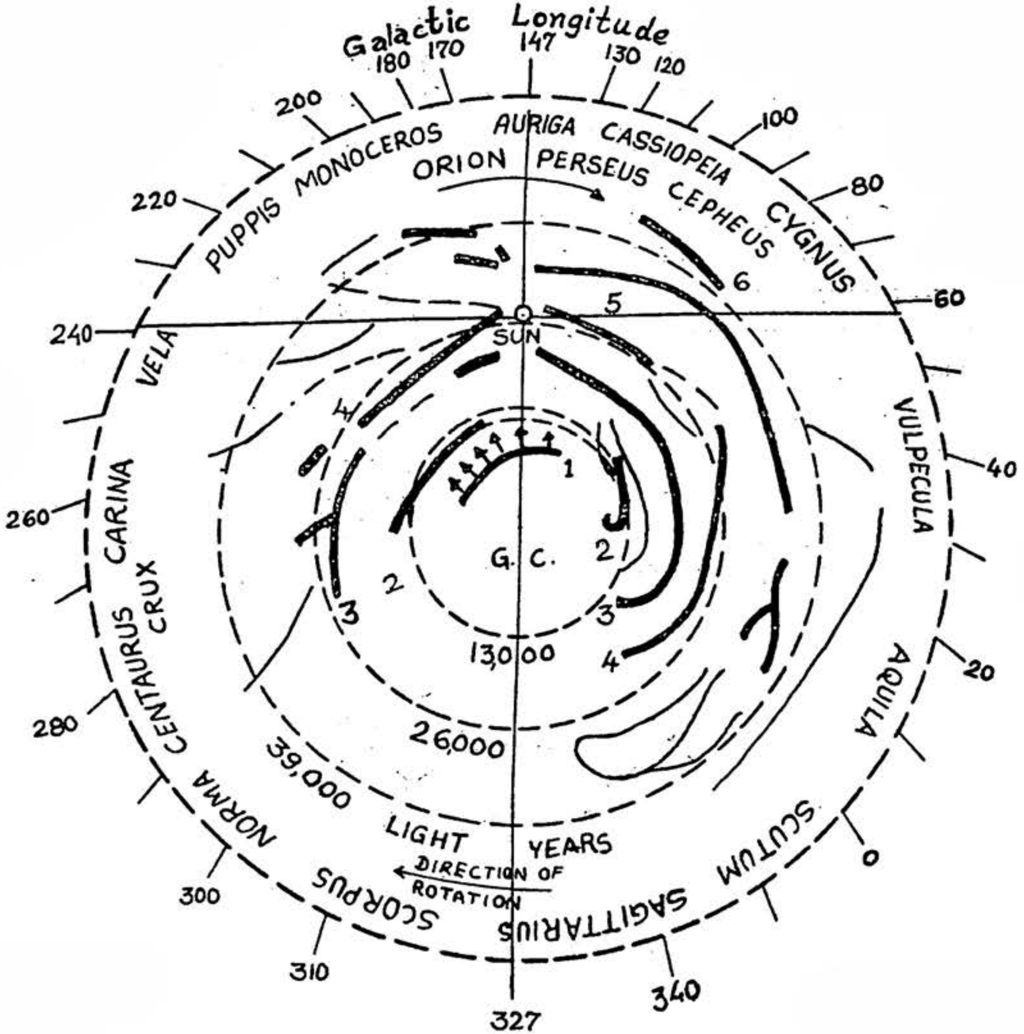
आकाशगंगा आकाशभर पसरलेली नसून ती पट्ट्याच्या रूपात दिसते, त्या अर्थी तिचा आकार



आकृती क्र. २ – आकाशगंगेत ताऱ्यांचे व '०' या चिन्हाने दाखविलेल्या गोलाकार तारकासमूहांचे वितरण. * सूर्याचे स्थान आहे व मधली काळी रेघ आंतरतारकीय पदार्थांची पातळी दाखविते. सूर्याजवळ ताऱ्यांची संख्याघनता १ मानल्यास केंद्राजवळील काळ्या भागात ती १० हून अधिक, त्याबाहेरील पांढऱ्या भागात १ ते १०, त्यानंतरच्या रेखांकित भागात १ ते १/१० व सर्वात बाहेरील बिंदुयुक्त भागात १/१० हून कमी आहे.

अनुक्रमणिका

पूर्ण गोल नसून चपटया तबकडीसारखा आहे असा निष्कर्ष निघतो. एखाद्या बहिर्गोल भिंगाप्रमाणे तिची जाडी मध्यभागी अधिक म्हणजे ५००० प्रकाशवर्षे व सूर्याच्या आसमंतात केवळ १००० प्रकाशवर्षे आहे. आकाशगंगा चपटी असण्याचे कारण तिचे अक्षभ्रमण होय, याचा शोध ऊर्ट यांनी १९२७ मध्ये लावला. आकाशगंगेचे अक्षभ्रमण घन-पदार्थाच्या चकतीसारखे सर्व दूर सारखे नसून ग्रहांच्या गतीप्रमाणे केंद्राजवळ अधिक आहे व जसजसे दूर जावे तसे ते कमी होत जाते. आपला सूर्य आकाशगंगेच्या केंद्राभोवती २५० किलोमीटर प्रतिसेकंद म्हणजे पृथ्वी सूर्याभोवती फिरते त्यापेक्षा आठपट वेगाने फिरत आहे; परंतु त्याचे केंद्रांतर मोठे असल्यामुळे त्याला केंद्राभोवती प्रदक्षिणा करण्यास २० कोटी वर्षे लागतात; या कालमानास गांगेय वर्ष म्हणतात.



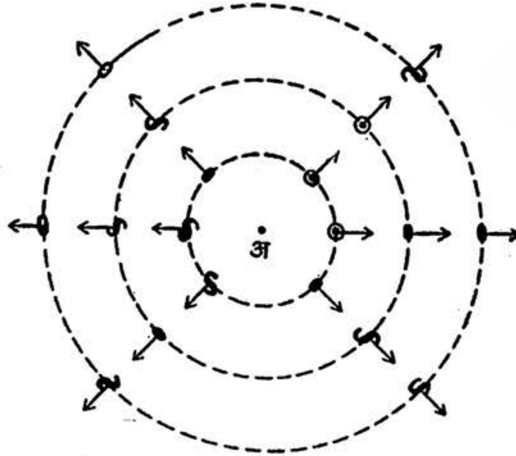
आकृती क्र. ३ – २१ सेंमी. तरंगलांबीच्या रेडियोवेधांनी निश्चित केलेली आकाशगंगेची चक्रभुजीय रचना : १. दहा हजार प्रकाशवर्षे अंतरावरील प्रसरणकारी भुजा, २. नॉर्मा–स्कूटम भुजा, ३. सॅजिटॅरिय भुजा, ४. ओरायन भुजा, ५. पर्सेऊस भुजा, ६. सुदूर भुजा.

सर्व तारे व आंतरतारकीय पदार्थ आकाशगंगेच्या अक्षभ्रमणात भाग घेतात म्हणूनच कुंभाराच्या चाकावरील मातीप्रमाणे ते एका पातळीत फिरत आहेत. परंतु गोलाकार तारकासमूह या अक्षभ्रमणात भाग घेत नाहीत म्हणून आकृती क्रमांक २ मध्ये दाखविल्याप्रमाणे ती आकाशगंगेभोवती प्रभावळीसारखी सर्व बाजूंस पसरली आहेत. आकाशगंगेतच वास्तव्य असल्यामुळे आपल्याला तिचे छायाचित्र घेता येत नाही. पण बाहेर जाऊन तिच्याकडे पाहिले तर ती कशी दिसेल ते आकृती क्रमांक २ व ३ मध्ये दाखविले आहे. क्रमांक २ चे चित्र आकाशगंगेच्या विषुववृत्तीय पातळीतील बिंदूवरून व क्रमांक ३ चे तिच्या ध्रुवाक्षावरील बिंदूवरून घेतली आहे, असे समजावे. आकृती क्र. ३ मध्ये विशेष करून चक्रभुजांची ठेवण दिसते. सर्वांत जुने १०–१२ अब्ज वर्षे वयाचे तारे गोलाकार तारकासमूहात म्हणजे किरीट भागात व सर्वांत तरुण O व B तारे व आंतरतारकीय पदार्थ आकाशगंगेच्या मध्यपातळीत व तेही चक्रभुजांत सापडतात. केंद्रभागाच्या सूर्यावरील आकर्षणावरून गुरुत्वाकर्षण सिद्धान्ताने आकाशगंगेचे वस्तुमान २०० अब्ज सूर्यवस्तुमानाहून जास्त निघते आणि तारे सरासरी मानाने सूर्याएवढेच मानल्यास २०० अब्ज ही आकाशगंगेतील ताऱ्यांची संख्या होते.

प्रसरणशील तारामंडळांचे विश्व

अँड्रोमीडा नक्षत्रात एक चक्रभुजीय अभ्रिका दिसते. दक्षिण गोलार्धात मॅगेलनचे मेघ म्हणून प्रसिद्ध असलेले दोन प्रकाशपुंज दिसतात. मोठ्या दुर्बिणींनी घेतलेल्या छायाचित्रात अशाच लाखो अभ्रिका सापडतात. त्यांचा आकाशगंगेतच समावेश होतो का, असा या शतकाच्या सुरुवातीस प्रश्न पडला होता. अँड्रोमीडा अभ्रिकेतील सेफीड जातीच्या परिवर्तनशील ताऱ्यांचा अभ्यास करून ती अभ्रिका आकाशगंगेच्या बाहेर आहे, असे हबल यांनी १९२३ मध्ये प्रथम दाखविले. त्यावरून या सर्व अभ्रिका म्हणजे आकाशगंगेसारखीच अब्जो तारे असलेली तारामंडळेच आहेत, असे सिद्ध होते. ही द्वीपरूप तारामंडळेच विश्वाचे प्रमुख घटक होत. त्यांचेही गुणधर्म खगोलीय भौतिकीच्या पद्धतीने समजतात.

सर्व दिशांत तारामंडळांचे वितरण एकसमान आढळते. केवळ आकाशगंगेच्या पातळीत आंतरतारकीय अवकाशातील पदार्थांच्या प्रकाशशोषणामुळे त्या भागात तारामंडळे दुर्मिळ आहेत. तारामंडळांचे सर्व दिशांत एकसमान वितरण दिसते, यावरून त्यांची अवकाशातील संख्याधनता सर्वदूर सारखीच आहे, असे अनुमान निघते. विश्व अनंत असेल, तर आकाशाचा प्रत्येक कोपरा तारामंडळांनी व्याप्त होईल म्हणून सर्व आकाश तेजोमय दिसले पाहिजे



आकृती क्र. ४ – तारामंडळांचा दूर जाण्याचा वेग व विश्वाचे प्रसरण

असे ओल्बेर यांनी सुचविले व वस्तुस्थिती भिन्न का आहे, असा प्रश्न उत्पन्न केला. याला ओल्बेर यांचा यक्षप्रश्न म्हणतात. त्याचे उत्तर हबल यांनी १९२९ मध्ये लावलेल्या विश्वप्रसरणाच्या शोधात सापडले.

सर्वच तारामंडळे आपल्यापासून दूर जात आहेत व त्यांचा दूर जाण्याचा वेग त्यांच्या अंतराच्या समप्रमाणात वाढतो असे हबल यांना दिसून आले, ते आकृती क्रमांक ४ मध्ये दाखविले आहे. याला हबलचा नियम म्हणतात. त्यावरून विश्व प्रसरण पावत आहे, असा निष्कर्ष निघतो. हबल नियमाप्रमाणे १५ ते २० अब्ज प्रकाशवर्षे अंतरावर तारामंडळाचा दूर जाण्याचा वेग प्रकाशवेगाएवढा होईल. त्यामुळे त्याहून अधिक अंतरावरची तारामंडळे आपल्याला दिसू शकत नाही. शिवाय दूरच्या तारामंडळांच्या प्रकाशाचे डॉप्लर परिणामाने रक्तीभवन झाल्यामुळे ती अधिक मंद दिसतात. अशा रीतीने दृश्य विश्वाला सीमा पडून आकाश तेजोमय न दिसता अंधकारमय दिसते.

विश्वाचे प्रसरण उलटविल्यास सर्वत्र तारामंडळे १५ ते २० अब्ज वर्षांपूर्वी एका बिंदूत जमा झाली होती असे म्हणता येईल. त्या वेळी विश्वातील सारा पदार्थ एकवटून अत्यंत दाटीने एका ठिकाणी जमा झाला होता व त्याचे तपमान अत्युच्च होते. या एकमेवाद्वितीय पदार्थास लेमत्र याने 'मूलांड' व गॅमो यांनी 'यीलम' म्हटले आहे. या पदार्थात काही कारणांमुळे मोठा स्फोट झाला व त्याचे तुकडे पडून एकमेकांपासून दूर जाऊ लागले, तेच तारामंडळांच्या रूपात आपल्याला दिसत आहेत. या घटनाचक्रास 'महत्स्फोट सिद्धान्त' म्हणतात. सुरुवातीस अत्युच्च तपमानामुळे सर्व ऊर्जा प्रारणाच्या रूपात होती. पुढे प्रसरणामुळे ती थंड होऊन तिचे प्रोट्रॉन व इलेक्ट्रॉन यांच्यात रूपांतर झाले. त्यांपासून ७५ टक्के हायड्रोजन व २५ टक्के हीलियम अणू तयार झाले. प्रसरण पावत असताना घनता–भिन्नतेमुळे प्रसरण पावणाऱ्या या पदार्थाची शकले होऊन त्यांची तारामंडळे बनली. पुढे तारामंडळात तारे उत्पन्न झाले व वर वर्णन केल्याप्रमाणे त्यांच्या केंद्रभागात भारी मूलद्रव्ये तयार झाली. अति-उत्क्रांत ताऱ्यांचे स्फोट होऊन ती मूलद्रव्ये आंतरतारकीय अवकाशात फेकली गेली. त्यांपासून नव्या पिढीचे सूर्यसदृश तारे तयार झाले, असा उत्क्रांतिक्रम समजतो.

विश्वाचे प्रसरण होत असल्यामुळे त्याची घनता कमी होत जाऊन शेवटी ते रिकामे होईल असे दिसते. ते टाळण्यासाठी हॉईल व नारळीकर यांनी १९६०च्या सुमारास निरंतर स्थितीचा सिद्धान्त मांडला व त्याला सर्वसाधारण सापेक्षता सिद्धांताची बैठक दिली. या सिद्धांतात कमी होत जाणारी घनता भरून काढण्यासाठी शून्यातून हायड्रोजन अणू उत्पन्न होत जातात, असे मानावे लागते.

विश्वाच्या भवितव्याबद्दल आणखी एक कल्पना करता येते. विश्वात भरपूर द्रव्य असल्यास त्याच्या गुरुत्वाकर्षणामुळे विश्वाचे प्रसरण थांबून ते आकुंचन पावू शकेल. आकुंचनाने सर्व पदार्थ एकत्रित झाल्यावर त्याचा स्फोट होऊन विश्व पुन्हा प्रसरण पावू लागेल. अशा रीतीने प्रसरण–आकुंचनाची आवर्तने दाखविणारे स्पंदनशील विश्वचित्र तयार होते.

महत्स्फोट सिद्धांत, निरंतर स्थितीचा सिद्धांत व स्पंदनशील विश्वाचा सिद्धांत अनुक्रमे ख्रिश्चन, चिनी व भारतीय कल्पनांशी जुळतात. वस्तुस्थिती काय आहे हा प्रश्न, त्याचप्रमाणे ताऱ्यांची शेवटची अवस्था, आकाशगंगेतील चक्रभुजांची ठेवण इत्यादी बरेच प्रश्न तीस वर्षांपूर्वी अनुत्तरित होते. रेडिओलहरी, नीलातीत प्रारण, क्ष व गॅमा किरणे यांच्या अवलोकनाने नवी माहिती मिळाल्यावर या बाबतीतले आपले ज्ञान बरेच वाढले आहे, त्याचा आता विचार करू.

अप्रकाशीय खगोलविज्ञान

१९३१ मध्ये कार्ल जान्स्की यांनी आकाशगंगेय रेडिओप्रारणाचा शोध लावला, तेव्हा रेडिओखगोलविज्ञानाची सुरुवात झाली. तोपर्यंत खगोलीय ज्योतीपासून येणाऱ्या दृश्य प्रकाशाचेच अवलोकन होत असे. विद्युत्कर्षुकीय प्रारणाची ही नवी खिडकी उघडल्यामुळे खगोलविज्ञानाच्या सर्वच शाखांचा नवा विकास झाला. सौर कुटुंबात सूर्यावर उद्रेकसमयी निघणाऱ्या तीव्र रेडिओलहरींच्या द्वारे सूर्याच्या वातावरणात घडणाऱ्या प्लाझ्माद्रवीय घटनांचा अभ्यास करता

अनुक्रमणिका

येऊ लागला, १० लाख तपमान असलेल्या सूर्यकिरीटाचे ग्रहण नसताना अवलोकन करता येऊ लागले, ग्रहाचे अक्षभ्रमण व त्यांचे पृष्ठतपमान गुरूचे कर्षुकीय क्षेत्र व उल्काखंडाच्या कक्षा इत्यादी कित्येक गोष्टींबद्दल माहिती मिळाली. आकाशगंगेत अतिदीप्त नवताऱ्यांच्या अवशेषांतून निघणाऱ्या सिंक्रोट्रॉन प्रारणाचा शोध लागला व तरुण ऊष्ण ताऱ्यांजवळच्या विदलित हायड्रोजन अणूंच्या क्षेत्रातील परिस्थितीचे ज्ञान झाले. १९५१ मध्ये २१ सेंटिमीटर तरंगलांबीच्या अविदलित हायड्रोजन अणूंच्या उत्सर्जन रेषेचे अवलोकन होऊन आकाशगंगेचे अक्षभ्रमण, तिच्यातील वस्तुमानवितरण व चक्रभुजीय रचना यांचा अभ्यास शक्य झाला. त्यावरून काढता आलेले आकाशगंगेचे चित्रच आकृती क्रमांक ३ मध्ये दाखविले आहे. आकाशगंगेच्या किरीट भागातूनही रेडिओ प्रारण निघते, त्याच्या अवलोकनाने आकाशगंगेचे वस्तुमान पूर्वी वाटत होते त्यापेक्षा बरेच अधिक आहे असे समजले. १९६३ नंतर मिलिमीटर तरंगलांबीच्या शोषणरेषांद्वारे आंतरतारकीय अवकाशात बाष्प, अमोनिया, अल्कोहॉल, फॉर्मालिडिहाइड इत्यादी अणुसंयुगे सापडली; त्यामुळे विश्वात कोठेही योग्य परिस्थिती असल्यास जीवोत्पत्ती होऊ शकते, असा महत्त्वाचा निष्कर्ष निघाला.

आकाशगंगेप्रमाणेच इतर तारामंडळेही रेडिओऊर्जा उत्सर्जन करतात. त्यांपैकी काहींचे रेडिओदीप्तिमान साधारण तारामंडळांपेक्षा शंभर ते एक कोटीपट असते, त्यांना रेडिओ तारामंडळे म्हणतात. त्यांच्याहून १००ते १००० पट अधिक ऊर्जा फेकणारे परंतु छायाचित्रात ताऱ्यांसारखे बिंदुरूप दिसणारे रेडिओस्त्रोत १९६३ मध्ये सापडले, त्यांना 'क्वासार' म्हणतात. क्वासारांचा दूर जाण्याचा वेग प्रकाशवेगाच्या ०.२ ते ०.९ पट आहे, असे दिसून आल्यावर त्यांना विश्वस्थितिशास्त्रात विशेष महत्त्व प्राप्त झाले. कारण त्याचा अर्थ ते दृश्य विश्वाच्या सीमेजवळ स्थित आहेत, असा होतो. तेव्हा त्यांच्या अभ्यासाने विश्वाची पूर्वस्थिती व पुढील विकास यांचे निश्चित अनुमान करता येऊ शकते; परंतु त्यांच्या प्रचंड ऊर्जेचे रहस्य अजून उलगडले नाही, त्यामुळे अडचणी येतात. १० कोटी सूर्यवस्तुमानाच्या कृष्णविवरात गडप होणाऱ्या पदार्थापासूनच एवढी ऊर्जा उत्पन्न होऊ शकते, असे एक मत आहे.

१९६५ मध्ये पेंझियास आणि वुइल्यम्स यांनी अवलोकन केलेले १ मिलिमीटर ते २० सेंटिमीटर तरंगलांबीचे ३ अंश केल्व्हिन तपमानाचे प्राश्र्वप्रारण हा विश्वस्थितिशास्त्रदृष्टया फार महत्त्वाचा शोध होय. कारण हे प्रारण म्हणजे महत्स्फोटाच्या सुरुवातीस १० अब्ज अंश तपमानी प्रारणाचा थंड झालेला उर्वरित भाग आहे, असे मानण्यास जागा आहे त्यामुळे निरंतर स्थितीच्या सिद्धान्ताऐवजी महत्स्फोट सिद्धान्तास पुष्टी मिळते.

रेडिओखगोलविज्ञानाचा आणखी एक महत्त्वाचा शोध १९६८ मध्ये लागला, तो म्हणजे 'पल्सार' ताऱ्यांचा. ०.३ ते ३–४ सेकंद आवर्तकालाचे स्पंद फेकणारे हे स्त्रोत म्हणजे पूर्वी भाकित केलेले न्यूट्रॉन तारेच होत, असे माहीत झाले आहे. १०५४ मध्ये चिनी लोकांनी भर दिवसा पाहिलेल्या अतिदीप्त नवताऱ्याचे अवशेष क्रॅब अभ्रिकेच्या रूपात आपल्याला दिसतात. क्रॅब अभ्रिकेच्या केंद्रस्थानी एक पल्सार सापडला आहे. तो अक्षभ्रमण करणारा व १ हजार अब्ज गौस कर्षुकीय क्षेत्र असणारा न्यूट्रॉन तारा आहे, हे आता निश्चित झाले आहे. पल्सारांचे एक युगुलही सापडले आहे, त्याच्या कक्षाभ्रमणावरून आइन्स्टाइनचा सर्वसाधारण (व्यापक) सापेक्षता सिद्धान्त तपासून पाहण्याची आणखी एक संधी मिळाली आहे.

गेल्या पाव शतकात रॉकेट व उपग्रह यांचे तंत्र विकसित झाल्यापासून उपारुण, नीलातीत, क्ष–किरण व गॅमा–किरण या पृथ्वीच्या वातावरणात शोषल्या जाणाऱ्या विद्युत्कर्षुकीय प्रारणांचे अवलोकन शक्य झाले आहे. उपारुण वेधांच्या साहाय्याने नुकतीच होऊ घातलेली ५०० ते १००० अंश केल्व्हिन तपमानाची ताराबीजे पाहण्यात आली आहेत आणि अगदी अलीकडे अभिजित ताऱ्याच्या भोवती ज्यातून आपला सूर्य व ग्रहमाला उत्पन्न झाली तशीच एक अभ्रिका आहे, असे दिसून आले. क्ष–किरण स्त्रोतात लघुतम व न्यूट्रॉन ताऱ्यांसारख्या घनतम ताऱ्यांचा समावेश असलेली तारकायुगुले आढळतात. त्यांचा दुसरा घटक बहुधा भारी वस्तुमानाचा उत्क्रांत अवस्थेतील तारा असतो. हायड्रोजन

अनुक्रमणिका





इंधन संपवून महाताऱ्याकडे वाटचाल करणारा हा तारा फुगत असता त्यातील पदार्थ जवळच्या लघुतम किंवा न्यूट्रॉन ताऱ्याकडे खेचला जातो व त्याच्या पृष्ठभागावर पडत असताना मोकळी झालेली स्थितिनियमित ऊर्जा क्ष–किरणांच्या रूपात बाहेर फेकली जाते. घनतम ताऱ्याच्या वस्तुमानावरून तो कोणत्या प्रकारचा तारा आहे, ते कळून येते. चंद्रशेखरसीमेपेक्षा कमी वस्तुमान असेल, तर तो लघुतम तारा व त्यापेक्षा जास्त पण २–३ सूर्य-वस्तुमानापेक्षा कमी भारी असेल, तर तो न्यूट्रॉन तारा आहे, असे मानतात. सिग्नस X–3 या क्ष-किरण स्त्रोतात मात्र ३ सूर्यवस्तुमानाहून अधिक वस्तुमानाचा घनतम तारा असल्याचे प्रमाण मिळाले आहे व तो तारा म्हणजे एक कृष्णविवर असावे, असा अंदाज आहे.

उपसंहार

खगोलीय भौतिकीच्या गेल्या पाउण शतकाच्या या आढाव्यावरून काही विचारणीय मुद्दे समोर येतात.

फार पूर्वी द्यौ म्हणजे आकाश व पृथ्वी हे दोनच विश्वाचे घटक मानले जात. सर्व मर्त्य व पापी संसार पृथ्वीवर आणि भव्य दिव्य पवित्रता आकाशात अशी सोईस्कर वाटणी होती. आता पृथ्वी म्हणजे सूर्याभोवती फिरणाऱ्या ग्रहांपैकी एक साधारण ग्रह, सूर्य हा आकाशगंगेतील अब्जो ताऱ्यांपैकी कोपऱ्यातला एक साधारण तारा व आकाशगंगा विश्वातील अब्जो तारामंडळांपैकी एक तारामंडळ असा वाढत्या भाजणीचा प्रकार आहे, हे स्पष्ट झाले आहे. विश्वही अनंत असून प्रसरणामुळे अब्जो वर्षांनंतर ते विरल व थंड होत जाईल, असे चित्र डोळ्यांपुढे उभे आहे; परंतु हे सर्व जाणून समजून घेणारा प्रज्ञायुक्त मानव पृथ्वीवर आहे याचे कौतुक वाटणे साहजिक आहे. एखाद्या क्षुल्लक चुकीमुळे अणुयुद्ध भडकून उत्क्रांतीचा कळस गाठलेला हा प्राणी नष्ट होईल की काय अशी भीतीही वाटते; परंतु विश्वाच्या पसाऱ्यातील आपले स्थान ओळखून मानव सूज्ञपणा दाखवील, अशी आशा करण्यास हरकत नाही.

संपूर्ण विश्व केवळ मानवासाठीच उत्पन्न केले गेले असाही एक समज होता व काही वैज्ञानिक या कल्पनेला Anthropic Principle या मथळ्याखाली उजाळा आणीत आहेत; परंतु योग्य परिस्थिती–म्हणजे ऊब देणारा व दीर्घ आयुर्मर्यादेचा केंद्रतारा, भरपूर वातावरण व पाणी असलेला ग्रह, उत्क्रांतीसाठी लागणारे ऊर्जायुक्त प्रारण व कण इत्यादी–असल्यास विश्वात कोठेही मनुष्यसदृश बुद्धिमान व प्रगत जीव अस्तित्वात येऊ शकतात, असा विश्वास वाढला आहे. आपल्या आकाशगंगेतच १० लाख प्रगत संस्कृत्या असतील, असा संख्याशास्त्राच्या आधारे अंदाज केला जातो. अशा एखाद्या संस्कृतीशी संपर्क साधण्याचा प्रयत्नही होत आहे. ते शक्य होईल तेव्हा मानवाच्या दृष्टिकोणात व जगण्याच्या तत्त्वज्ञानात निश्चित बदल होईल. कदाचित जीव आणि शिव यांची एकात्मता स्पष्टपणे जाणवू लागेल, या विश्वात्मक भावाने हा लेख पूर्ण करणे उचित वाटते.









इलेक्ट्रॉनिक्सचे तंत्रज्ञान*

अरुण नी. चांदोरकर

सध्या आपण इलेक्ट्रॉनिक्सच्या युगात आहोत, असे म्हणण्यात काही अतिशयोक्ती वाटू नये. इलेक्ट्रॉनिक्सने आपल्या सर्वांच्याच जीवनपद्धतीत एक मोठा फरक घडवून आणला आहे. पन्नास-साठ वर्षांपूर्वीच्या प्रगत देशांतील माणसांचे जीवन आणि त्यांचे व भारतासारख्या विकसनशील देशातील सुखवस्तू माणसांचे आजचे जीवन ह्यात केवळ इलेक्ट्रॉनिक्समुळे पडलेला फरक पाहता आणि येत्या काही दशकांत होणाऱ्या फरकाविषयी तर्क करता इलेक्ट्रॉनिक्स मानवी जीवनात एक मोठीच क्रांती घडवीत आहे, असे म्हणावेसे वाटते. ऑक्सफर्ड इंग्लिश डिक्शनरीमध्ये 'क्रांती' (रेव्हल्यूशन) ह्या शब्दाचा अर्थ 'मुळापासून पुनर्रचना' (फंडामेंटल रिकन्स्ट्रक्शन) असा दिला आहे. अमेरिकेसारख्या प्रगत देशात मानवी जीवनाची इलेक्ट्रॉनिक्समुळे कशी पुनर्रचना होत आहे त्याची चर्चा ऑल्व्हिन टोफ्लर ह्यांच्या 'थर्ड वेव्ह' ह्यासारख्या पुस्तकात बरीच विस्ताराने केली आहे.

भारतातही सामान्य माणसाच्या जीवनात होणारा इलेक्ट्रॉनिक्सचा वाढता वापर सहज दृष्टीस पडतो. डिजिटल घड्याळे, टेलिव्हिजन, कॅल्क्युलेटर्स यांसारखी त्या मानाने नवी इलेक्ट्रॉनिक उपकरणे आज इतक्या सर्रासपणे वापरली जातात की, टेलिफोन अथवा रेडिओ ह्यांसारख्या वस्तू मानवी तंत्रज्ञानाच्या प्रगतीतील मोठे टप्पे होत, हे ध्यानातही येत नाही. ह्या सर्वच वस्तू आणि उपकरणे इलेक्ट्रॉनिक्सच्या देणग्या आहेत. दरवर्षी वापरात येणारी नवनवीन इलेक्ट्रॉनिक उपकरणे पाहिल्यावर सहज मनात प्रश्न येतो की, इलेक्ट्रॉनिक्सने एवढ्या झपाट्याने प्रगती केली कशी आणि का ? ह्या प्रश्नाचे उत्तर काहीसे माणसाच्या आळशीपणात आहे. प्रत्येक युगात माणूस सतत असे काही बनवण्याच्या उद्योगात राहिला आहे की, ज्यामुळे त्याच्या शारीरिक श्रमांत बचत होईल. आपली नेहमीची कंटाळवाणी कामे आणि शारीरिक श्रम करणारे एखादे यंत्र असावे आणि आपल्या मनात येताच त्याने आपली कामे करावीत, हे माणसाचे नेहमीच एक स्वप्न राहिले. "अल्लाउद्दीन आणि जादूचा दिवा" ह्यासारख्या गोष्टी म्हणजे ह्याच स्वप्नातून निघालेल्या कविकल्पना. आज मात्र खरोखरच अशी परिस्थिती आहे की, मनुष्याला न आवडणारी, कंटाळवाणी, किचकट आणि शारीरिक श्रमाची कामे यंत्राकडून करून घेणे शक्य झाले आहे. कित्येक प्रगत देशांत असे "यंत्रमानव" (रोबॉट्स) तयार करण्यात यश आले आहे की, जे तुमचे कित्येक आदेश तंतोतंत अमलात आणू शकतात. ह्या यंत्रमानवांना कामे करण्यासाठी यांत्रिक अवयव असतात आणि त्यांवर नियंत्रण रहावे म्हणून त्यामध्ये एक शक्तिशाली कॉंप्युटर असतो. ह्या कॉंप्युटरशी संवाद साधून (त्याच्या विवक्षित भाषेच्या द्वारा) त्या यंत्रमानवाचे काम माणसाला हवे तसे निश्चित करता येते. इलेक्ट्रॉनिक्सची सर्वांत मोठी देणगी म्हणजे कॉंप्युटर. कॉंप्युटरचा जितका जास्त वापर होऊ लागेल तितके आपले जीवन सुखमय होईल, अशी कित्येकांची धारणा आहे. ती कितपत खरी ठरेल त्याचे उत्तर भविष्यच देईल.

इलेक्ट्रॉनिक्सच्या प्रगतीची कारणे अनेक आहेत. 'कम्युनिकेशन' (संदेशवहन) हे त्यांतील एक. जसजशी जगाची लोकसंख्या वाढू लागली आणि लोक नव्या नव्या वस्त्या वसवू लागले, तसतशी त्यांमध्ये संपर्क साधता येण्याची गरज वाढू लागली. असा दुरून संपर्क कसा साधता येईल, त्याची साधने निर्माण करण्यात माणसाने आपली बरीच बुद्धिमत्ता व कौशल्य खर्च केले आहे. टेलिफोन आणि टेलिग्राफ ही त्या संपर्कसाधनांची दोन ठळक उदाहरणे. आज हजारो मैलांवर असलेल्या

* ह्या लेख तयार करताना श्री. किरण रेगे यांचे लेखनसाहाय्य झाले आहे.

आप्तेष्टांशी आपण क्षणात संपर्क साधू शकतो. हे शक्य झाले आहे सॅटेलाईट कम्युनिकेशनमुळे (उपग्रह संदेशवहनामुळे). सॅटेलाइट कम्युनिकेशन ही इलेक्ट्रॉनिक्सची एक मुख्य शाखा आहे.

मनुष्याचे विश्वाविषयीचे कुतूहलदेखील इलेक्ट्रॉनिक्सला पुढे यायला मदत करण्यास कारणीभूत झाले आहे. ग्रहताऱ्यांविषयीची बरीच माहिती आज रेडिओ टेलिस्कोप (दुर्बीणी) द्वारा सहज उपलब्ध होऊ शकते. अमेरिकेसारख्या देशांच्या अवकाश-कार्यक्रमामुळेदेखील इलेक्ट्रॉनिक्सला पुढे यायला बराच वाव मिळाला. त्या शाखेच्या सर्व क्षेत्रांत इलेक्ट्रॉनिक उपकरणे इतकी आवश्यक झाली आहेत की, त्यांच्याशिवाय ही शाखाच पूर्णपणे कोलमडून पडेल.

इलेक्ट्रॉनिक्सच्या प्रगतीची ही आणि अशी अनेक कारणे असली, तरी त्या सर्वांहून महत्त्वाचे कारण आहे मानवाची दुसऱ्यावर सत्ता गाजवण्याची इच्छा. थोडक्यात सांगायचे म्हणजे सैनिकी दृष्टीने इतर राष्ट्रांवर आपले वर्चस्व असावे म्हणून मोठ्या (व आता छोट्याही) राष्ट्रांनी आपली शस्त्रास्त्रे अत्याधुनिक करीत राहण्याचा सपाटा लावला आहे. ह्या शस्त्रांच्या आधुनिकीकरणात–त्यांचा अचूकपणा व भेदकता वाढवण्यात–इलेक्ट्रॉनिक्सचा मोठा वाटा आहे. त्यामुळे ही सर्व राष्ट्रे इलेक्ट्रॉनिक्समधील संशोधनकार्यात बराच पैसा व मनुष्यबळ खर्च करतात. सध्या इलेक्ट्रॉनिक्समध्ये लागणारे नवीन शोध हे बहुधा "मिलिटरी स्पॉन्सर्ड" (सैनिकी गरजेच्या) संशोधनातूनच लागतात. अर्थात हे जरी खरे असले, तरी इलेक्ट्रॉनिक्सचे शांततामय उपयोग इतके आहेत की, त्यावर बंदी घालणे ठीक होणार नाही व आता ते शक्यही नाही.

इलेक्ट्रॉनिक्सच्या प्रगतीचे श्रेय कोणीही घेवो, पण खरे पाहता सध्याच्या सर्व प्रगतीला कारणीभूत आहे ती इलेक्ट्रॉनिक्सची 'मायक्रोइलेक्ट्रॉनिक्स' ही शाखा. मायक्रोइलेक्ट्रॉनिक्स म्हणजे 'मिनिएचरायझेशन ऑफ इलेक्ट्रॉनिक्स सिस्टिम्स' (इलेक्ट्रॉनीय प्रणालींचे सूक्ष्मीकरण). इलेक्ट्रॉनिक्स सिस्टिम्स आकाराने अधिकाधिक लहान आणि कार्याच्या बाबतीत अधिकाधिक व्यामिश्र बनवणे हे ह्या शाखेचे साध्य आहे आणि इंटिग्रेटेड सर्किट (I. C. समाकलित मंडळे) तंत्रज्ञान हे तिचे साधन आहे. मागच्या पंचवीस वर्षांच्या काळात इंटिग्रेटेड सर्किट तंत्रज्ञानाने प्रचंड वेगाने प्रगती केली आणि त्या प्रगतीचे परिणाम सर्वच क्षेत्रांत आपल्याला दिसत आहेत. म्हणून या लेखात मी मुख्यतः मायक्रोइलेक्ट्रॉनिक्सविषयीच माहिती देण्याचा प्रयत्न करणार आहे. ह्या मायक्रोइलेक्ट्रॉनिक्सचा 'सेमीकंडक्टर'शी (अर्धसंवाहकाशी) किंवा सेमीकंडक्टरचा मायक्रोइलेक्ट्रॉनिक्सची इतक्या जवळचा संबंध आहे की ह्या एकाच नाण्याच्या दोन बाजू आहेत असे म्हणावेसे वाटते. '- इंटिग्रेटेड सर्किट चिप्' (ह्याचा उल्लेख ह्यापुढे IC चिप् किंवा नुसताच चिप् असा करण्यात येईल) म्हणजे सेमीकंडक्टरचा तुकडा. अशा लहान आकाराच्या (६ मि. मी. × ९ मि. मी.) तुकड्यावर एक छोटासा कॉंप्युटरदेखील बनवता येतो. अशा बऱ्याचशा चिप्स् जोडून बरीच मोठी आणि गुंतागुंतीची इलेक्ट्रॉनिक सिस्टिम तयार करण्यात येते. ह्या सिस्टिम्स स्पेस शटल् (अवकाश विमान) रॉकेट्स, विमाने, क्षेपणास्त्र–वाहक इत्यादी वाहनांत अत्यंत महत्त्वाची कार्ये करीत असतात आणि त्याबरोबरच त्या फारच हलक्या आणि थोडीशीच जागा व्यापणाऱ्या असल्याने ह्या वाहनांचे वजन व आकार कमी करणे शक्य होते.

इलेक्ट्रॉनिक्स म्हणजे काय ?

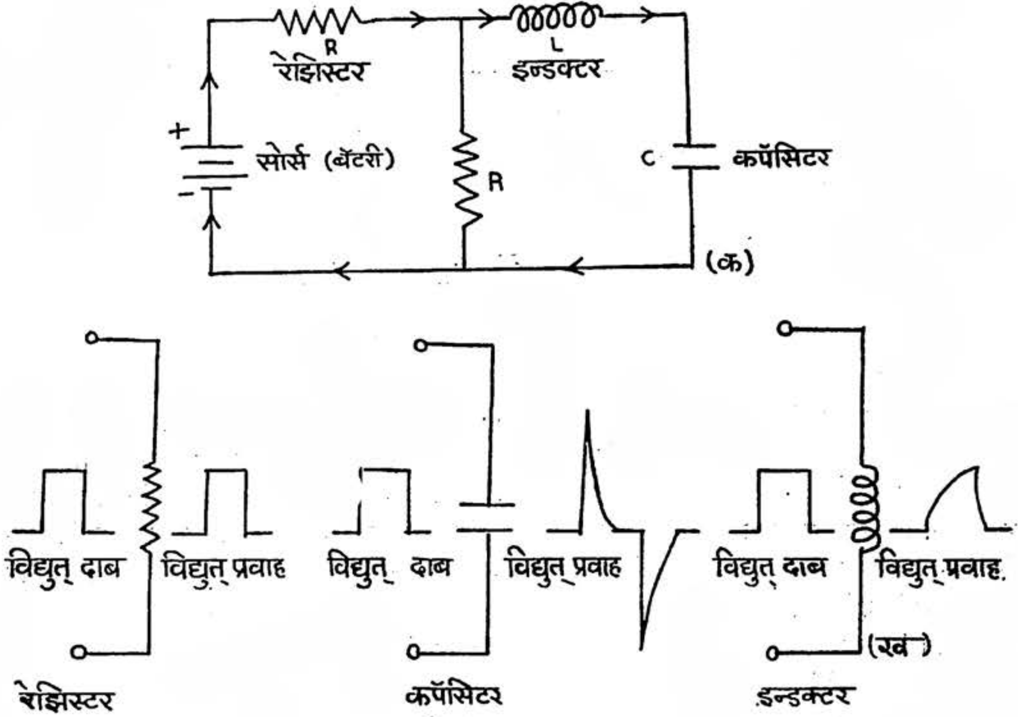
'इलेक्ट्रॉनिक्स' आणि 'इलेक्ट्रिकल' अभियांत्रिकी हे दोन्ही शब्द खरे म्हणजे एकाच अर्थाचे आहेत. जे शास्त्र 'इलेक्ट्रॉन्स' ह्या ऋणभारित विद्युत्कणांच्या प्रवाहाशी संबंधित आहे, त्याला आपण इलेक्ट्रॉनिक्स किंवा इलेक्ट्रिकल अभियांत्रिकी म्हणू शकतो. पण सर्वसाधारणपणे लोक ह्या दोन शब्दांत वेगळाले अर्थ शोधतात. इलेक्ट्रिकल इंजिनीअरिंग म्हणजे विजेचे उत्पादन व वाटप ह्यांचे शास्त्र तर इलेक्ट्रॉनिक्स म्हणजे रेडिओ, टेलिव्हिजन, कॉंप्युटर्स ह्यांचे ज्ञान देणारे शास्त्र अशी विभागणी सामान्य माणूस करतो. विज्ञानाच्या दृष्टिकोनातून पाहता ह्या दोन्ही शाखांत तसा काही भेद नाही. फार तर इलेक्ट्रिकल अभियांत्रिकीला मोठ्या विद्युत्प्रवाहाची (हेवी करंट) अभियांत्रिकी आणि इलेक्ट्रॉनिक्सला लघू विद्युत्प्रवाहाची (लाइट करंट) अभियांत्रिकी

असे म्हणून त्यांमध्ये भेद करता येईल. ह्यामुळेच इलेक्ट्रॉनिक्सचा जनक कोण असे मला कोणी विचारले तर 'टॉमस आल्वा एडिसन' असे मी म्हणेन. एडिसनच्या विद्युत् उपकरणांविषयीच्या शोधांची संख्या एवढी आहे की, आज लोकांच्या वापरात असलेल्या कित्येक गोष्टींचा जनक असेच त्याला म्हणावे लागेल. सामान्य लोकांच्या भाषेतील इलेक्ट्रॉनिक्सशी संबंध असलेला एडिसनचा पहिला शोध १८८३ साली प्रसिद्ध झाला. ह्यात पहिल्या 'व्हॅक्यूम ट्यूब' (व्हाल्व्ह, निर्वात नलिका) ची कल्पना दिसून येते. अर्थात खराखुरा पहिला 'व्हॅक्यूम ट्यूब डायोड' (निर्वात नलिका द्विप्रस्थ) जे. ए. फ्लेमिंग ह्याने १९०२ साली बनवला आणि पहिला 'व्हॅक्यूम ट्यूब ट्रायोड' (त्रिप्रस्थ) ली डी फॉरेस्ट ह्याने १९०७ साली तयार केला. त्याआधी १८९६ सालात मार्कोनी ह्याने अँटेनाच्या (आकाशकाच्या) साह्याने अडीच किलोमीटर्स अंतरापर्यंत संदेश पाठवून 'इलेक्ट्रॉनिक कम्युनिकेशन'ची सुरुवात केली. इलेक्ट्रॉनिक्सच्या क्षेत्रात १९४८ सालापर्यंत व्हॅक्यूम ट्यूबचे (ह्याला 'व्हाल्व्ह' असेही म्हटले जाते) महत्त्व अबाधित होते; पण १९४८ सालातील 'ट्रान्झिस्टर'च्या शोधानंतर ते कमी कमी होऊ लागले. सध्या तर जिथे मोठ्या प्रमाणात विद्युत् शक्ती लागते अशा काही गोष्टी वगळता व्हॅक्यूम ट्यूब जवळ जवळ दिसेनाशीच झाली आहे. शॉक्ली, बार्डीन आणि ब्रॅटेन ह्या संशोधकत्रयीला ट्रान्झिस्टरच्या शोधाबद्दल १९५६ सालचे नोबेल पारितोषिक देण्यात आले. ह्याच ट्रान्झिस्टरने इलेक्ट्रॉनिक्समध्ये आणि त्याबरोबर आपल्या जीवनातही कशी क्रांती घडवून आणली आहे, त्याची थोडीशी झलक ह्या लेखात आपल्याला दिसून येईल.

विद्युत्-मंडले व विद्युत्-घटक

कोणत्याही इलेक्ट्रॉनिक उपकरणाचा मुख्य भाग असतो त्यातील 'विद्युत्-मंडल' (इलेक्ट्रॉनिक अथवा इलेक्ट्रिक सर्किट). ही विद्युत्-मंडले वेगवेगळे 'विद्युत्- घटक' (इलेक्ट्रॉनिक कंपोनट्स्) एकमेकांना जोडून तयार केलेली असतात. विद्युत्-विरोधक (रेझिस्टर), विद्युत्-धारक (कपॅसिटर), विद्युत्-प्रवर्तक (इंडक्टर), डायोड्स, ट्रान्झिस्टर्स, इंटिग्रेटेड सर्किट्स हे विद्युत्-घटक प्रामुख्याने ह्या मंडलांमध्ये आढळून येतात. विद्युत्-मंडल ह्या शब्दातून वर्तुळाची कल्पना सूचित होते- आणि विद्युत्-मंडलातील विजेचा प्रवाह हा खरोखरीच त्या मंडळात असलेल्या विजेच्या साठ्याच्या (सोर्स) 'धन' (+) टोकापासून सुरू होऊन त्या मंडलातील वेगवेगळ्या विद्युत-घटकांतून वाहत 'ऋण' (−) टोकाकडे परततो. अशा तऱ्हेने विद्युत्-प्रवाहाचे 'वर्तुळ' पूर्ण होते. इलेक्ट्रॉनिक सर्किट्समध्ये बऱ्याचदा 'ड्राय सेल' विजेचा साठा म्हणून वापरण्यात येतो. आकृती क्र. १ (क) मध्ये वानगीदाखल दिलेले विद्युत्-मंडल पाहिल्यास विद्युत्-मंडलाची 'वर्तुळा' सारखी रचना आणि त्यात वेगवेगळे घटक कसे जोडलेले असतात, ते समजू शकेल.

विद्युत्-मंडलांचे विश्लेषण करण्यासाठी जे नियम वापरण्यात येतात त्यांचे श्रेय किर्कहॉफ् आणि ओम् (ओहम) यांना देण्यात येते. रेझिस्टर हा घटक सामान्यतः धातूंच्या दोन चकत्यांमध्ये कार्बनसारखे विद्युद्वाही द्रव्य भरून बनवला जातो. ह्या घटकातून वाहणारा प्रवाह हा त्याच्या दोन टोकांमधील विद्युत् दाबाच्या (व्होल्टेज्) समप्रमाणात असतो. रेझिस्टरच्या दोन टोकांमधील विजेचा दाब आणि त्यामधून वाहणारा विजेचा प्रवाह ह्यांच्या गुणोत्तराला त्या घटकाचा विद्युत्-विरोध (रेझिस्टन्स) असे म्हणतात. कपॅसिटर ह्या घटकाची कल्पना करण्यास ज्यांमधील पोकळी एखाद्या विजेच्या मंदवाही द्रव्याने भरली आहे अशा धातूंच्या दोन चकत्यांची रचना डोळ्यांसमोर आणावी. ह्या घटकामधून विजेचा स्थिर प्रवाह (डायरेक्ट करंट) वाहू शकत नाही, परंतु ह्या घटकाच्या दोन टोकांवर (उदा., वर उल्लेखिलेल्या रचनेतील धातूच्या चकत्या) परस्परविरोधी विद्युत्-भार (इलेक्ट्रिक चार्ज) साठवला जाऊ शकतो आणि ह्या भाराचे त्या दोन टोकांमधील विद्युत्-दाबाशी असलेले गुणोत्तर कायम असते. ह्या गुणोत्तराला त्या घटकाचा कपॅसिटन्स म्हणतात. विद्युत्-मंडलात वापरण्यात येणारा तिसऱ्या प्रकारचा घटक म्हणजे इंडक्टर. हा साधारणतः एखाद्या धातूच्या तारेचे मळसूत्राच्या आटयांप्रमाणे वेढे देऊन बनवला जातो.



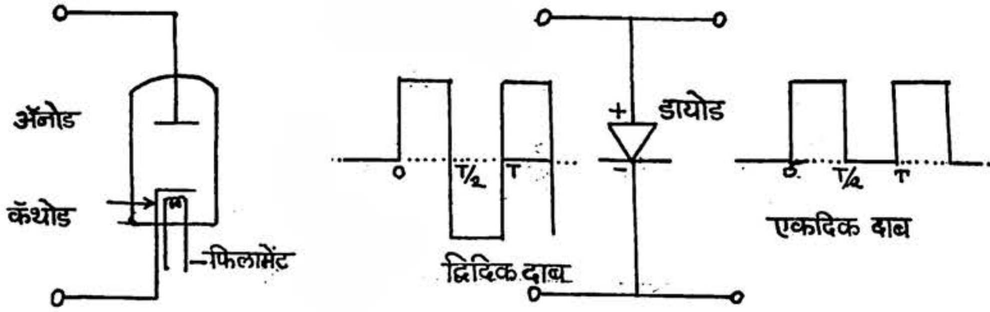
आकृती क्र. १ – (क) : विद्युतमंडलाची रचना (एक उदाहरण).
(ख) : विद्युतमंडलात प्रयुक्त होणारे निष्क्रिय घटक.

ह्या घटकातून विजेचा प्रवाह वाहत असताना निर्माण होणाऱ्या चुंबकीय क्षेत्राच्या रूपाने हा घटक ऊर्जा साठवतो. ह्या घटकातून स्थिर विद्युत्प्रवाह वाहत असताना त्याच्या दोन टोकांमधील विजेचा दाब शून्य असतो; परंतु प्रवाह बदलत असल्यास त्या बदलाच्या वेगाच्या समप्रमाणात विजेचा दाबही बदलतो. आतापर्यंत वर्णन केलेले हे तीन प्रकारचे घटक हे निष्क्रिय (पॅसिव्ह एलिमेंट्स्) आहेत आणि त्यांचे गुणधर्म हे त्यांमधून वाहणाऱ्या प्रवाहाच्या दिशेवर अवलंबून नसतात (उदा., रेझिस्टरमधील प्रवाहाची दिशा उलट केल्यासही त्यातील प्रवाहाचे त्या घटकाच्या दोन टोकांमधील विजेच्या दाबाशी असलेले गुणोत्तर तेच राहते). आकृती क्र. १ (ख) मध्ये ह्या घटकांसाठी वापरली जाणारी चिन्हे दाखवली आहेत.

आता आपण विद्युत्-घटकांच्या एका नव्या वर्गाविषयी चर्चा करू या. ह्या घटकांना सक्रिय घटक (ॲक्टिव्ह एलिमेंट्स्) असे म्हटले जाते. डायोड्स, ट्रायोड्स, ट्रान्झिस्टर्स ह्यांसारखे घटक ह्या वर्गात मोडतात. सध्याचे स्तिमित करणारे चमत्कार करून दाखवणारी इलेक्ट्रॉनिक सर्किट्स ही त्या 'ॲक्टिव्ह' आणि 'पॅसिव्ह' घटकांनीच बनलेली असतात.

डायोड : ह्या घटकाचा असा गुणधर्म आहे की, त्यामधून विद्युत-प्रवाहाला तो एका दिशेनेच जाऊ देतो आणि विरुद्ध दिशेने त्यातून प्रवाह पाठवण्याचा प्रयत्न केल्यास त्याला प्रचंड विरोध करतो. ह्या गुणामुळे द्विदिक् दाबाचे/प्रवाहाचे (ऑल्टरनेटिंग व्होल्टेज/करंट) एकदिक् दाबात/प्रवाहात (डायरेक्ट व्होल्टेज/करंट) रूपांतर (रेक्टिफिकेशन) करण्यासाठी डायोडचा वापर करतात. डायोड हा घटक व्हॅक्यूम टचूब किंवा सेमीकंडक्टर द्रव्य वापरून बनवला जातो. डायोडच्या चिन्हात (आकृती २ पहा) दाखवलेल्या धन टोकापासून (ॲनोड) ऋण टोकाकडेच (कॅथोड) ह्यामधून विद्युत्प्रवाह वाहू शकतो. व्हॅक्यूम टयूबपासून बनवलेल्या डायोडमध्ये ॲनोड आणि कॅथोड एका निर्वात पोकळीत एक-

अनुक्रमणिका



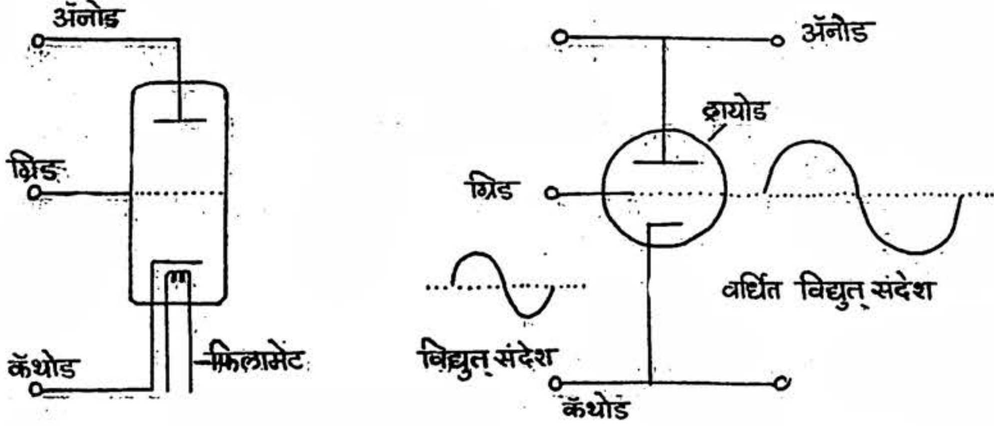
आकृती क्र. २ – व्हॅक्यूम क्यूब डायोड आणि रूपांतरप्रक्रिया.

मेकांपासून थोड्याशा अंतरावर बसवलेले असतात (आकृती क्र. २). तापवले असता ज्यातून इलेक्ट्रॉन्स बाहेर पडतील अशा द्रव्याचा कॅथोडवर थर दिलेला असतो. ॲनोड आणि कॅथोडमधील विजेच्या दाबातील फरक धन असल्यास कॅथोडमधून बाहेर पडणारे इलेक्ट्रॉन्स ॲनोडकडे आकर्षित होतात आणि त्या दोन टोकांत विजेचा प्रवाह सुरू होतो. ह्या उलट, वर उल्लेखिलेला विजेच्या दाबातील फरक जर ऋण असेल, तर कॅथोडमधून निघणारे इलेक्ट्रॉन्स ॲनोडपासून दूर ढकलले जातात आणि विजेचा प्रवाह खंडित होतो.

ट्रायोड : ह्या घटकात निर्वात पोकळीत (व्हॅक्युम ट्यूबमधील) बसवलेले तीन विद्युत्–ध्रुव (इलेक्ट्रोड्स) असतात. डायोडप्रमाणे ॲनोड आणि कॅथोड असतातच; पण त्याचप्रमाणे त्यांमधील जागेत एका जाळीच्या (ग्रिड्) स्वरूपात तिसरा इलेक्ट्रोड बसवलेला असतो. डायोडप्रमाणेच ॲनोड आणि कॅथोडमधील विद्युत्–दाबातील फरक धन आहे असे आपण समजूया. आता ग्रिड् आणि कॅथोडमध्ये बॅटरी किंवा त्यासारखा विजेचा साठा जोडून त्यामधील दाबातील फरक धन केल्यास कॅथोडमधून निघणारे इलेक्ट्रॉन्स आकर्षित करण्यास ग्रिड्ची ॲनोडला मदत होते. अर्थात कॅथोडमधून निघणारे बहुतेक इलेक्ट्रॉन्स ग्रिडमधून आरपार जाऊन अखेर ॲनोडपर्यंत पोहोचत असल्याने ग्रिडमधून वाहणारा इलेक्ट्रॉन्स्चा प्रवाह लहानच असतो, परंतु ह्या प्रक्रियेत ॲनोड आणि कॅथोडमधील विजेचा प्रवाह बऱ्याच मोठ्या प्रमाणात वाढतो ह्याउलट, ग्रिड आणि कॅथोडमधील दाबातील फरक ऋण केल्यास कॅथोडमधून निघणारे इलेक्ट्रॉन्स् अपसारित होतात आणि ॲनोड आणि कॅथोडमधील विद्युत्प्रवाह कमी होतो. अशा प्रकारे ग्रिड ही ॲनोड आणि कॅथोडमधील विद्युत्प्रवाहाची नियंत्रक म्हणून काम करते. ग्रिडच्या विद्युत्–दाबात लहानसा फरक करून फार मोठ्या प्रमाणावर ॲनोड आणि कॅथोडमधील प्रवाहात बदल घडवून आणता येतो. ह्या प्रक्रियेला विद्युत्-संदेशाचे वर्धन (सिग्नल ॲम्प्लिफिकेशन) असे म्हणतात. जिथे जिथे विजेचा दाब अथवा प्रवाह वर्धित करण्याची गरज असते तिथे तिथे ट्रायोड अथवा तत्सम घटक वापरला जातो (आकृती क्र. ३ पहा).

ह्या शतकाच्या सुरुवातीच्या अर्ध्या भागात व्हॅक्यूम ट्यूबपासून बनवलेले डायोड्स आणि ट्रायोड्स वापरून इलेक्ट्रॉनिक सर्किट्स बनवली जात. ह्या ट्यूब्ज्चा आकार मोठा असल्याने इलेक्ट्रॉनिक सर्किट्समध्ये त्या बरीच जागा व्यापत. त्याचप्रमाणे त्यांच्या वर वर्णन केलेल्या गुणधर्मांचा योग्य तो वापर करण्यासाठी मोठ्या प्रमाणावर विजेचा दाब (३०० व्होल्ट्स सुमारे) लागत असे. शिवाय ह्या ट्यूब्ज् तयार करण्याची पद्धत त्या मानाने किचकट असून त्यांची किंमतही इतर घटकांच्या मानाने जास्त असे. १९४८ सालात मात्र ट्रान्झिस्टर ह्या नावाने ओळखल्या जाणाऱ्या 'सॉलिड स्टेट', (घन अवस्था) वर्धकाचा शोध लागला आणि इलेक्ट्रॉनिक्समधील क्रांतीला सुरुवात झाली. व्हॅक्यूम टचूब ट्रायोडच्या मानाने ह्या ट्रान्झिस्टरचा आकार एक सहस्रांश असून तो चालण्यासाठी १० व्होल्टच्या आसपास विजेचा दाब पुरतो. शॉक्ली, बार्डीन आणि ब्रॅटेन ह्या बेल टेलिफोन लॅबॉरेटरीज्-

अनुक्रमणिका



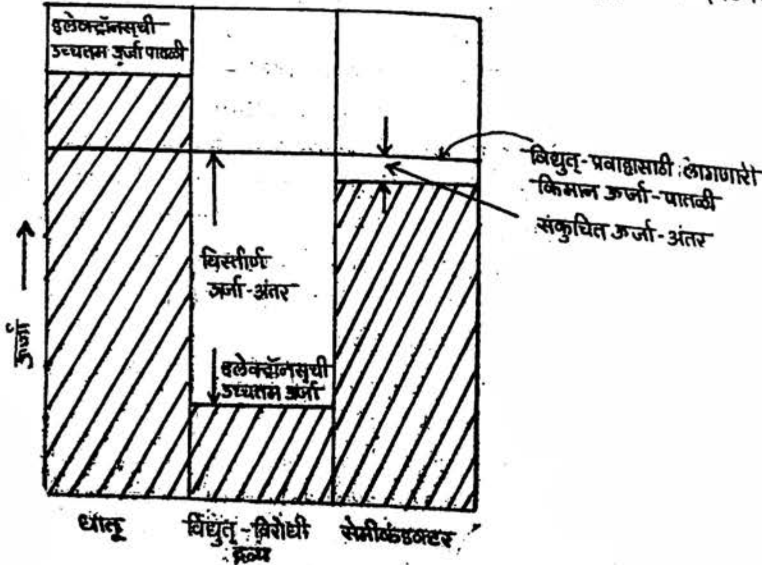
आकृती क्र. ३ – व्हॅक्यूम ट्यूब ट्रायोड आणि त्याच्या साहाय्याने विद्युत्संदेशाची होणारी "वर्धन" प्रक्रिया.

मधील शास्त्रज्ञांना ट्रान्झिस्टरच्या शोधाचे श्रेय दिले जाते. त्यांनी बनवलेल्या ट्रान्झिस्टरमध्ये 'सेमीकंडक्टर' ह्या वर्गात मोडणारे एक घन द्रव्य वापरले होते. ह्या सेमीकंडक्टर नावाच्या वर्गात मोडणाऱ्या द्रव्यांपासून अतिशय लहान आकाराचे डायोड्स आणि ट्रांझिस्टर्स बनवता येतात आणि इलेक्ट्रॉनिक सर्किट्समध्ये व्हॅक्यूम ट्यूब्जच्या जागी हल्ली त्यांचाच वापर होतो. १९४८ मध्ये लागलेल्या ट्रान्झिस्टरच्या शोधाने इलेक्ट्रॉनिक्समधील क्रांतीला जरी सुरुवात झाली, तरी तिला गती आली ती जॅक किल्बी या अमेरिकेतील टेक्सस् इन्स्ट्रुमेंट्स् ह्या कंपनीतील शास्त्रज्ञाच्या अभिनव कल्पनेतून. जॅक किल्बी ह्याने असे दाखवून दिले की, केवळ डायोड्स आणि ट्रायोड्सच नव्हे तर रेझिस्टर, कपॅसिटर ह्यांसारखे निष्क्रिय घटक देखील सेमीकंडक्टर द्रव्यांपासून बनवता येतात. ह्यामुळे इलेक्ट्रॉनिक सर्किटमधील सर्व घटकांचे सेमीकंडक्टर द्रव्याच्या एकाच तुकड्यावर एकत्रीकरण (इंटिग्रेशन) करता येणे शक्य झाले. अशा प्रकारे सेमीकंडक्टरच्या एकाच तुकड्यावर वेगवेगळे घटक बनवून आणि त्यातच ते एकमेकांना जोडून बनवलेल्या इलेक्ट्रॉनिक सर्किट्सना 'इंटिग्रेटेड सर्किट्स्' (IC) म्हणतात. सुरुवातीला शॉक्ली आदी शास्त्रज्ञांनी ट्रान्झिस्टर बनवताना जर्मेनियम ह्या सेमीकंडक्टर द्रव्याचा वापर केला होता. सध्या मात्र अधिक चांगल्या गुणधर्मांमुळे बहुतेक सर्व इलेक्ट्रॉनिक घटकांत (त्यात IC देखील आले) सिलिकॉन ह्या सेमीकंडक्टरचा वापर केला जातो. हे सिलिकॉन मूलद्रव्य सिलिका (म्हणजेच वाळू) च्या रूपाने विपुल प्रमाणावर उपलब्धही आहे.

सेमीकंडक्टर द्रव्ये आणि त्यांपासून बनवलेले विद्युत्–घटक

सेमीकंडक्टर द्रव्यांचे गुणधर्म धातूसारख्या विद्युत्–वाही द्रव्यांपेक्षा आणि काच, पोर्सलेन इत्यादी विद्युत्–विरोधी द्रव्यांपेक्षा मूलतः वेगळे असतात. त्यामधील फरक समजून घेण्याकरिता त्या द्रव्यांच्या अणुरचनेकडे पाहावे लागेल. प्रत्येक द्रव्यात अणूंची एक विशिष्ट रचना असते. सोप्या भाषेत सांगायचे झाल्यास प्रत्येक द्रव्याच्या अणूत केंद्रभागी प्रोटॉन्स आणि न्यूट्रॉन्स हे कण असतात आणि त्यांभोवती वेगवेगळ्या कक्षांत इलेक्ट्रॉन्स फिरत असतात. सर्वांत बाहेरच्या कक्षेतील इलेक्ट्रॉन्सना 'व्हॅलन्सी इलेक्ट्रॉन्स' असे म्हटले जाते. विजेचा शीघ्र वा मंदवाहीपणा ह्यासारखे द्रव्यांचे गुणधर्म हे प्रामुख्याने त्या द्रव्याच्या अणूतील व्हॅलन्सी इलेक्ट्रॉन्समुळे निश्चित होतात. एखाद्या अणूच्या सर्वांत बाहेरील कक्षेमध्ये असलेले इलेक्ट्रॉन्स काही कारणामुळे बाहेर गेले किंवा त्या कक्षेत आधी नसलेले इलेक्ट्रॉन्स आले, तर त्या

अणूचा एकूण विद्युत्-भार धन किंवा ऋण होतो. अशा वेळी तो अणू 'आयनाइज्ड' (आयनीभूत) स्थितीत आहे, असे म्हटले जाते. धातूंसारख्या विद्युत्-वाही द्रव्यांतील व्हॅलन्सी इलेक्ट्रॉन्स त्यांच्या अणुकेंद्रांना शिथिलपणे 'बांधलेले' असतात. ह्या-उलट, विद्युत्-विरोधी द्रव्यांत व्हॅलन्सी इलेक्ट्रॉन्स आणि अणुकेंद्रे ह्यांतील बंध दृढ असतात. ह्या कारणांमुळे धातूंमधील व्हॅलन्सी इलेक्ट्रॉन्स जवळ-जवळ मुक्तपणे वाहू शकतात आणि म्हणून त्यांमधून विजेचा प्रवाह सुलभतेने वाहू शकतो. विद्युत्-विरोधी द्रव्यांत ह्याच्या बरोबर उलट परिस्थिती असते. सेमीकंडक्टर द्रव्ये ह्या दोन टोकांच्या साधारण मध्ये असतात; म्हणजेच धातूंप्रमाणे त्यांमधील इलेक्ट्रॉन्स मुक्तपणे वाहू शकत नाहीत, परंतु थोडीशी ऊर्जा मिळाल्यास ते मोकळे होऊन वाहू लागतात. सेमीकंडक्टर द्रव्ये शुद्ध स्वरूपात असताना विजेच्या प्रवाहाला बराच विरोध करतात. धातू, विद्युत्-विरोधी द्रव्ये आणि सेमीकंडक्टर्स ह्यांचे हे गुणधर्म आकृती क्र. ४ मध्ये दाखवलेल्या ऊर्जा-पातळ्यांच्या साह्याने समजून घेता येतात. सोप्या शब्दांत सांगायचे झाल्यास असे म्हणता येईल की, व्हॅलन्सी इलेक्ट्रॉन्सना मुक्तपणे वाहता येण्या-साठी त्यांमध्ये एका किमान पातळीपेक्षा अधिक ऊर्जा असावी लागते. धातूंमध्ये ह्या किमान पातळीपेक्षा अधिक ऊर्जा असलेले इलेक्ट्रॉन्स मोठ्या संख्येने असतात, तर विद्युत्-विरोधी द्रव्यातील व्हॅलन्सी इलेक्ट्रॉन्सची ऊर्जा त्या पातळी-पेक्षा बरीच कमी असते. व्हॅलन्सी इलेक्ट्रॉन्सची ऊर्जा आणि त्या इलेक्ट्रॉन्सना मुक्तपणे वाहता येण्यासाठी लागणारी ऊर्जा ह्यांतील फरकही (एनर्जी गॅप) बराच मोठा असतो. सेमीकंडक्टर्समध्येदेखील व्हॅलन्सी इलेक्ट्रॉन्सची ऊर्जा वर उल्लेखलेल्या किमान पातळीपेक्षा कमीच असते, परंतु त्यांतील फरक विद्युत्-विरोधी द्रव्यांच्या मानाने बराच कमी असतो. ह्यामुळे सेमीकंडक्टर्समधील इलेक्ट्रॉन्सना थोडीशी ऊर्जा देऊन ह्या पातळीच्या वर आणता येते व त्यायोगे वाहते करणे शक्य होते. सिलिकॉन ह्या मूलद्रव्यात सेमीकंडक्टरचे गुणधर्म का असतात हे आता आपण पाहू. सिलिकॉनच्या अणूत चार व्हॅलन्सी इलेक्ट्रॉन्स असतात, तसेच सिलिकॉनच्या स्फटिकरचनेत प्रत्येक अणूला (टेट्राहीड्रनच्या उदा., पिरॅमिडसारख्या आकृतीच्या टोकांप्रमाणे) चार शेजारी असतात. सिलिकॉनचा अणू आपले चार व्हॅलन्सी इलेक्ट्रॉन्स आपल्या चार शेजाऱ्यांबरोबर समाईकपणे वापरतो. ह्यामुळे त्या अणूत व त्याच्या शेजारच्या चार अणूंत स्थिर (स्टेबल्) असे बंध

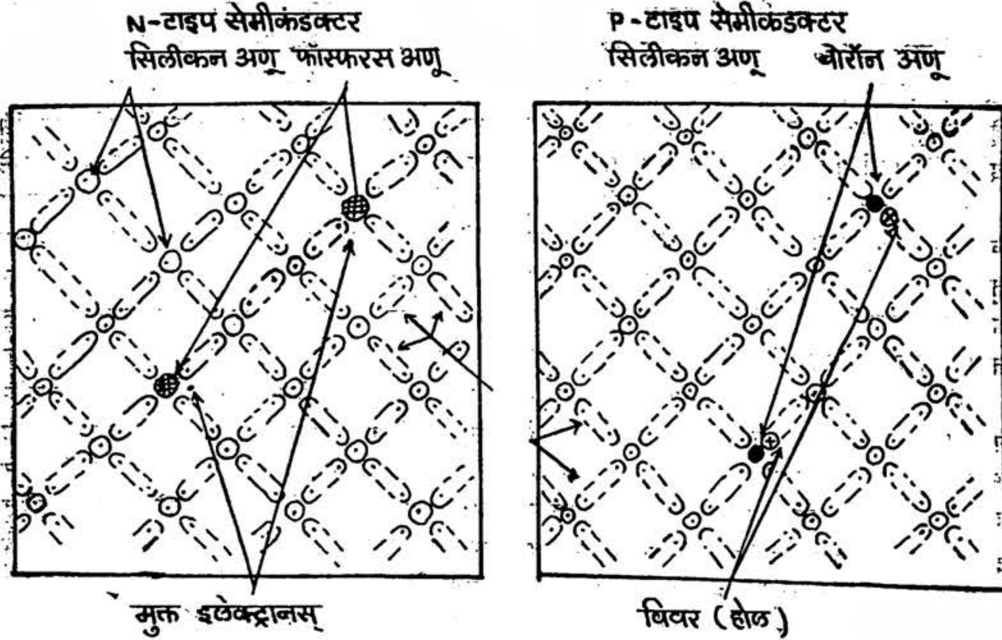


आकृती क्र. ४ – धातू, विद्युत्विरोधी द्रव्य आणि सेमीकंडक्टरचा ऊर्जाविस्तार

निर्माण होतात. त्यामुळे शुद्ध स्थितीत सिलिकॉन हे द्रव्य विजेच्या प्रवाहाला बराच विरोध करते; परंतु सिलिकॉनच्या तुकड्याला ऊर्जा देण्यात आली, तर हे बंध तुटू लागतात व त्यातून निर्माण झालेले मुक्त इलेक्ट्रॉन्स विजेचा प्रवाह वाहून नेऊ शकतात.

सेमीकंडक्टरपासून बनवण्यात आलेले विद्युत्-घटक हे साधारणतः मूळ सेमीकंडक्टर द्रव्याच्या तुकड्यात वेगवेगळ्या भागांतील विद्युत्-वाहकता इतर द्रव्यांच्या मिश्रणाने नियंत्रित रीत्या वाढवून तयार केले जातात. ह्या मिश्रणाच्या कृतीला 'डोपिंग' असे म्हणतात. अशा विद्युत्-घटकाच्या एखाद्या भागात फॉस्फरससारखी द्रव्ये मिसळलेली असतात, तर दुसऱ्या भागात बोरॉनसारख्या द्रव्याचे मिश्रण केलेले असते. फॉस्फरससारख्या द्रव्यातील अणूंमध्ये पाच व्हॅलन्सी इलेक्ट्रॉन्स असतात. असा एखादा अणू सिलिकॉनच्या स्फटिकरचनेत प्रविष्ट झाल्यास तो एखाद्या सिलिकॉनच्या अणूची जागा घेतो; परंतु वर पाहिल्याप्रमाणे ह्या स्फटिक-रचनेत स्थिर बंध निर्माण होण्यासाठी चारच व्हॅलन्सी इलेक्ट्रॉन्स लागतात. त्यामुळे फॉस्फरसच्या अणूतील पाचवा व्हॅलन्सी इलेक्ट्रॉन कोणत्याही अणूशी बद्ध असत नाही. अशा प्रकारे फॉस्फरसचे बरेच अणू सिलिकॉनमध्ये मिसळल्यास त्यातील हे मुक्त इलेक्ट्रॉन्स विद्युत्-प्रवाह वाहून नेऊ शकतात. ज्या सेमीकंडक्टर्समध्ये वेगळे द्रव्य मिसळून वरील प्रकारचे मुक्त इलेक्ट्रॉन्स निर्माण केलेले असतात, त्यांना N- टाइप (N- नेगेटिव्ह-ऋण) सेमी-कंडक्टर्स म्हटले जाते. वरील वर्णनावरून हे कळले असेल की, N- टाइप सेमीकंडक्टर बनवण्यासाठी फॉस्फरसच्या जागी आर्सेनिक, अँटिमनी ह्यांसारख्या पाच व्हॅलन्सी इलेक्ट्रॉन्स असलेल्या मूलद्रव्यांचाही वापर करता येईल. आता सिलिकॉनमध्ये बोरॉन, इंडियम, अॅल्युमिनियम, गॅलियम ह्यांसारख्या तीन व्हॅलन्सी इलेक्ट्रॉन्स असलेल्या मूलद्रव्यांचे मिश्रण केले असता काय होते ते पाहू. असे अणू जेव्हा सिलिकॉनच्या स्फटिकरचनेत प्रविष्ट होतात तेव्हा त्यांना बाजूच्या चार शेजाऱ्यांशी स्थिर बंध निर्माण करण्यास एक इलेक्ट्रॉन कमी पडतो. ही कमतरता भरून काढण्यासाठी दुसरीकडील सिलिकॉनच्या अणूतील व्हॅलन्सी इलेक्ट्रॉन घेतला जातो. असे झाल्यास त्या अणूला आपल्या शेजाऱ्यांशी बंध बनवायला एक इलेक्ट्रॉन कमी पडतो, त्याचप्रमाणे त्या अणूचा एकूण विद्युत्-भार धन बनतो. अशा प्रकारे इलेक्ट्रॉनच्या कमतरेतमुळे निर्माण झालेल्या स्थितीला "विवर" (होल) असे म्हटले जाते आणि त्याचा विद्युत्-भार एका इलेक्ट्रॉनइतका परंतु त्याच्या विरुद्ध चिन्हांचा असतो. होल हा खरे पाहता इलेक्ट्रॉनसारखा मुक्त-पणे फिरू शकणारा विद्युत्-कण नसतो; परंतु विद्युत्-क्षेत्राच्या प्रभावाखाली सिलिकॉनच्या स्फटिकरचनेतील कित्येक बंध मोडून मुक्त इले-क्ट्रॉन्स निर्माण होतात आणि हे इलेक्ट्रॉन्स ज्या ठिकाणी इलेक्ट्रॉन्स कमी पडल्याने "विवरे" तयार झाली आहेत, अशा ठिकाणी जाऊन बसतात; परंतु ह्या प्रक्रियेत हे इलेक्ट्रॉन्स मुळात जेथे होते तेथे आता विवरे तयार झाल्याने ह्या विवरांचा प्रवाह चालू असल्याचा भास होतो आणि त्याद्वारे विजेचा प्रवाह चालू होतो. एका ठिकाणचा इलेक्ट्रॉन जेथे आधी विवर होते अशा दुसऱ्या ठिकाणी गेल्याने त्याच्या मूळच्या जागी विवर उत्पन्न झाले असे म्हणण्यात आणि विवरानेच हा प्रवास केला असे म्हणण्यात काहीच फरक नाही. कारण बाह्य जगाच्या दृष्टीने ह्या दोन्ही गोष्टींचा परिणाम हा सारखाच असतो. अशा प्रकारच्या, ज्यांमध्ये विवरां-मुळे विजेचा प्रवाह वाहून नेला जातो अशा सेमी-कंडक्टर्सना P-टाइप (P-पॉझिटिव्ह-धन) सेमी-कंडक्टर्स म्हणतात. आकृती क्र. ५ मध्ये N आणि P टाइप सेमीकंडक्टर्समध्ये मुक्त इलेक्ट्रॉन्स आणि होल्स कसे तयार होतात ते दाखवले आहे.

डायोड हा सेमीकंडक्टरपासून बनवलेला सर्वात साधा सक्रिय विद्युत्-घटक आहे. आकृती क्र ६ मध्ये दाखवल्याप्रमाणे त्यात सेमीकंडक्टरच्या एकाच तुक-ड्यावर P-टाइप आणि N-टाइप भाग एकमेकांना लागून बनवलेले असतात. जेव्हा P-टाइप भागाच्या टोकाला N-टाइप भागाकडच्या टोकाच्या मानाने धन विद्युत्-दाब दिला जातो तेव्हा N-टाइप भागा-तले मुक्त इलेक्ट्रॉन्स P-टाइप भागाकडे आकर्षित होतात आणि P-टाइप भागातले होल्स N-टाइप भागाकडे खेचले जातात आणि डायोडच्या दोन टोकांमध्ये विजेचा प्रवाह सुरू होतो. जेव्हा डायो-

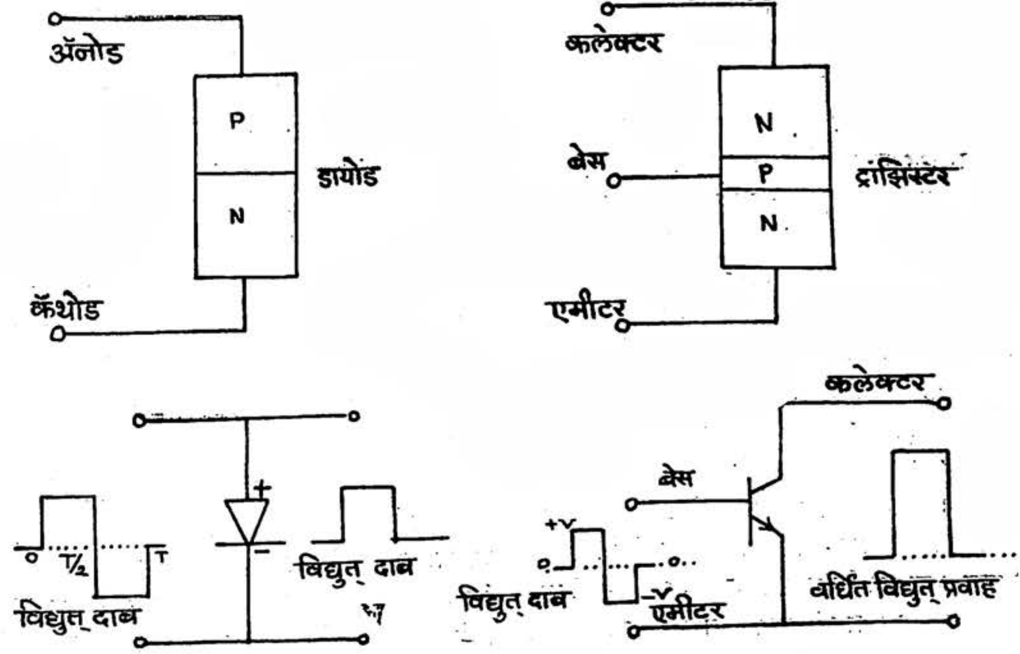


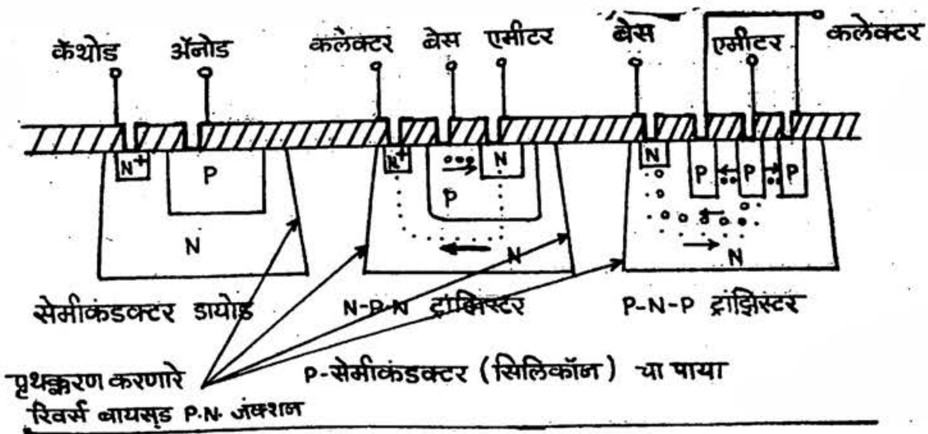
आकृती क्र. ५ – सिलीकनची अणुबंध रचना. ह्यात फॉस्फोरस वा बोरॉनसारख्या अणूच्या प्रवेशाने सिलीकन N टाइप व P टाइप सदृष्य होतो.

डच्या P–भागाकडच्या टोकाचा विद्युत्–दाब N–भागाकडच्या दाबाच्या मानाने धन असतो तेव्हा तो डायोड 'फॉर्वर्ड बायस्ड्' आहे असे म्हटले जाते. ह्या दाबातील फरकाची दिशा जर बदलली (म्हणजे N टाइप भागाकडचा दाब P–टाइप भागाच्या मानाने वाढवला), तर डायोड 'रिव्हर्स बायस्ड्' आहे असे म्हणतात. ह्या स्थितीत P–टाइप भागातले होल्स आणि N–टाइप भागातले इलेक्ट्रॉन्स त्या दोन भागांमधील सीमारेषेपासून दूर ढकलले जातात. ह्यामुळे इलेक्ट्रॉन्स व होल्स हे विद्युत्–भारवाहक ह्या दोन भागांतील सीमा ओलांडून पलीकडे फारशा संख्येत जाऊ शकत नाहीत आणि म्हणून डायोडच्या दोन टोकांमध्ये विजेचा प्रवाह जवळ जवळ खंडित होतो. अशा प्रकारे P–टाइप आणि N–टाइप भाग एकमेकांना लागून बनवलेला सेमीकंडक्टर डायोड (P–N जंक्शन) हा व्हॅक्यूम ट्यूब डायोडप्रमाणे द्विदिक् विद्युत्प्रवाहाला एकदिक् बनवण्याचे (रेक्टिफिकेशन) कार्य करतो.

ट्रान्झिस्टर हा सेमीकंडक्टर विद्युत्–घटक व्हॅक्यूम ट्यूब डायोडप्रमाणे वर्धनाचे काम करतो. वर वर्णन केलेल्या P – N जंक्शन डायोडला लागून तिसरा P – टाइप अगर N – टाइप भाग बनवला असता ट्रान्झिस्टर तयार होतो. ट्रान्झिस्टरचे दोन प्रकार आहेत. पहिल्या प्रकारात (N – P – N ट्रान्झिस्टर) दोन N – टाइप भागांत एक अरुंद असा P – टाइप भाग असतो, तर दुसऱ्या P – N – P प्रकारात दोन P – टाइप भागात N – टाइप भाग असतो. हे तिन्ही भाग एकाच सेमीकंडक्टरच्या तुकड्यापासून त्यात फॉस्फरस, बोरॉन ह्यांसारखी मूलद्रव्ये मिसळून बनवलेले असतात. आकृती क्र. ६ मध्ये ट्रान्झिस्टरची सुलभीकृत रचना दाखवली आहे. N – P – N (P – N – P) प्रकारच्या ट्रान्झिस्टरमधील एका N – टाइप (P – टाइप) भागाकडच्या टोकाला 'एमीटर' उत्सर्जक असे म्हणतात. तर दुसऱ्या N – टाइप (P–टाइप) भागाकडच्या टोकाला 'कलेक्टर' (संकलक) असे म्हणतात. मध्यभागातील P–टाइप (N–टाइप) भागाला 'बेस' असे नाव आहे. एमिटर, कलेक्टर आणि बेस ह्या तीन टोकांमधील विद्युत्-दाबांत केवळ (आणि कोणत्या दिशेने) फरक आहे त्यावर त्या ट्रान्झिस्टरचे कार्य अवलंबून असते. असे

समजू या की, एका N–P–N ट्रान्झिस्टरच्या एमिटरचा विद्युत्–दाब शून्य आहे आणि त्याच्या बेसला लहान प्रमाणावर आणि कलेक्टरला मोठ्या प्रमाणावर धन विद्युत्–दाब दिला आहे. अशा स्थितीत बेस आणि एमिटर मधील P–N जंक्शन 'फॉरवर्ड बायस्ड' असते आणि त्यामुळे एमिटर जवळच्या भागातून मुक्त इलेक्ट्रॉन्स मोठ्या प्रमाणावर मधल्या P– टाइप भागाकडे खेचले जातात. बेस आणि कलेक्टर ह्यांमधील P–N जंक्शन ह्या वेळी 'रिव्हर्स बायस्ड्' स्थितीत असल्याने कलेक्टरकडून फारच थोडा इलेक्ट्रॉन्सचा प्रवाह बेसकडे वाहत असतो. एमिटरकडून मोठ्या प्रमाणावर बेसकडे



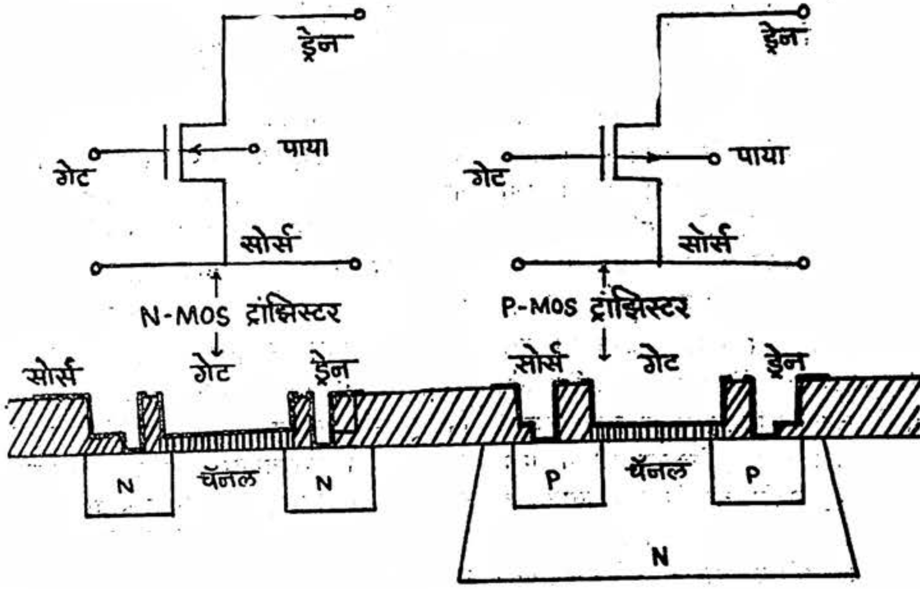


आकृती क्र. ६ – सेमीकन्डक्टर डायोड आणि ट्रांझिस्टर यांची सुलभीकृत रचना. एकाच सेमीकंडक्टर सबस्ट्रेटमध्ये डायोड, N–P–N आणि P–N–P ट्रांझिस्टर ह्यांना 'रिवर्सबायस्ड' P–N जंक्शनच्या साहाय्याने पृथक ठेवण्यात येऊ शकते.

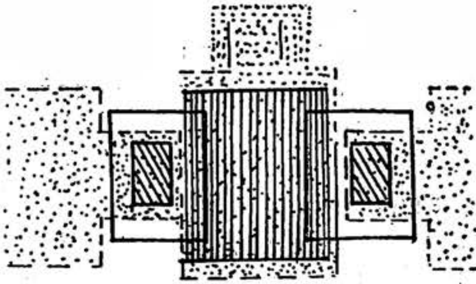
न. भा. ६

निघालेले इलेक्ट्रॉन्स त्यांमधील सीमा ओलांडून बेसच्या P– टाइप भागात येतातच; परंतु बेसचा हा भाग चिंचोळा असल्याने त्यांमधील बरेचसे इलेक्ट्रॉन्स बेस आणि कलेक्टरमधील सीमा ओलांडून कलेक्टरच्या भागात प्रवेश करतात [ह्या प्रक्रियेला 'डिफ्यूजन' (विसरण) असे नाव आहे]. कलेक्टरच्या टोकाचा विद्युत्-दाब बेस आणि एमिटरच्या मानाने बराच धन असल्याने डिफ्यूजनच्या प्रक्रियेतून कलेक्टरच्या भागात आलेले इलेक्ट्रॉन्स कलेक्टरच्या टोकाकडे आकर्षित होण्यास मदत होते. अशा तऱ्हेने एमिटर आणि कलेक्टरमध्ये मोठ्या प्रमाणावर इलेक्ट्रॉन्सचा प्रवाह चालू राहतो. आता बेसचा विद्युत्-दाब शून्य किंवा त्याहून कमी म्हणजे ऋण केला, तर एमिटर आणि बेस मधील P–N जंक्शन रिव्हर्स बायस्ड होते आणि एमिटरमधून बेसकडे फारच थोड्या प्रमाणावर इलेक्ट्रॉन्स वाहतात. कलेक्टर आणि बेसमधील P–N जंक्शनही रिव्हर्स बायस्ड असल्याने त्यांमध्येही फारसा प्रवाह वाहत नाही व एमिटर आणि कलेक्टरमधील प्रवाहही खंडित होतो. अशा तऱ्हेने बेसचा विद्युत्-दाब कमीअधिक करून एमिटर व कलेक्टरमधील विद्युत्प्रवाह नियंत्रित करता येतो. बेसचा विद्युत्-दाब धन किंवा ऋण करून एमिटर-कलेक्टर मधील प्रवाह 'ऑन' अगर 'ऑफ' (चालू अगर बंद) करण्याच्या ह्या प्रक्रियेवर सध्याच्या मोठमोठ्या डिजिटल् इलेक्ट्रॉनिक सिस्टिम्स आधारित आहेत.

वर वर्णन केकेल्य N–P–N आणि P–N–P प्रकारच्या ट्रान्झिस्टरमध्ये इलेक्ट्रॉन्स आणि होल्स असे दोन्ही – ऋण आणि धन – प्रकारचे विद्युत्-वाहक असतात, त्यामुळे अशा ट्रान्झिस्टर्सना BJT (बायपोलर जंक्शन ट्रान्झिस्टर) असे म्हटले जाते. ह्यांखेरीज ट्रान्झिस्टर्सचा असाही एक प्रकार आहे, ज्यात केवळ एकाच प्रकारचे (होल्स किंवा इलेक्ट्रॉन्स) विद्युत्-वाहक आढळतात. अशा ट्रान्झिस्टर्सना युनिपोलर ट्रान्झिस्टर्स म्हटले जाते. मॉस्फेट (MOS-FET – मेटल् ऑक्साइड सेमीकंडक्टर फील्ड इफेक्ट ट्रान्झिस्टर) हे अशा युनिपोलर ट्रान्झिस्टर्सचे उदाहरण आहे. मॉस्फेटमध्ये N – टाइप (किंवा P – टाइप) सेमीकंडक्टरच्या तुकड्यात P – टाइप (N – टाइप) सेमीकंडक्टरची दोन 'बेटे' तयार केली जातात. विद्युत्-वाहक धातूच्या तारा ह्या बेटांना जोडलेल्या असतात. ह्या बेटांपैकी एकाला 'सोर्स' आणि दुसऱ्याला 'ड्रेन' असे म्हटले जाते. ह्या दोन बेटांमधील सिलिकॉनच्या पृष्ठभागावर सिलिकॉन डायॉक्साइड ह्या विद्युत्-विरोधी द्रव्याचा एक पातळ थर दिला जातो आणि त्या थरावर एक धातूचा थर दिलेला असतो. ह्या धातूच्या थराला तिसरा विद्युत्-ध्रुव जोडलेला असतो, ज्याला 'गेट' अशी संज्ञा आहे. गेट आणि सोर्स व ड्रेन ह्यांमध्ये विद्युत्-विरोधी द्रव्याचा थर असल्याने गेटमधून सोर्सकडे अगर ड्रेनकडे विजेचा प्रवाह वाहू शकत नाही. आकृती क्र. ७ मध्ये दाखवलेल्या मॉस्फेटच्या रचनेकडे पाहिले असता असे दिसून येईल की, गेट आणि मूळ सिलिकॉनचा 'पाया' (सब्स्ट्रेट) ह्यांमध्ये सिलिकॉन डायॉक्साइड ह्या विद्युत्-विरोधी द्रव्याचा थर असल्याने तेथे एक कपॅसिटर तयार होतो (पहा : विद्युत् मंडल भागातील कपॅसिटरचे वर्णन). गेटच्या खाली आणि सोर्स व ड्रेनच्या मध्ये असलेल्या भागाला 'चॅनल्' असे म्हणतात. असे समजा की, सोर्स व सब्स्ट्रेट जमिनीला जोडलेल्या आहेत (म्हणजेच त्यांचा विद्युत्-दाब शून्य आहे), ड्रेनला धन विद्युत्-दाब दिलेला आहे आणि गेटला काहीच विद्युत्-दाब दिलेला नाही. अशा स्थितीत सोर्स आणि ड्रेनमध्ये विद्युत्-प्रवाह वाहू शकत नाही. कारण ड्रेन व सब्स्ट्रेट आणि सोर्स व सब्स्ट्रेट ह्यांमधील P–N जंक्शने रिव्हर्स बायस्ड स्थितीत असतात. आता गेटला जर मोठा, धन विद्युत्-दाब देऊन तेथील धातूच्या थरावर धन विद्युत्-भार निर्माण केला, तर त्यामुळे सिलिकॉन डायॉक्साइडच्या थराखालील चॅनलमध्ये इलेक्ट्रॉन्सच्या स्वरूपात विरुद्ध चिन्हांकित म्हणजेच ऋण विद्युत्-भार निर्माण होतो. हा विद्युत्-भारित प्रदेश सोर्स आणि ड्रेन ह्यांना जोडत असल्याने आता इलेक्ट्रॉन्सच्या स्वरूपात त्यामधून विजेचा प्रवाह वाहू लागतो. अशा तऱ्हेने गेटला दिलेला विद्युत्-दाब धन किंवा ऋण करून चॅनलमध्ये विद्युत्-वाहक प्रदेश निर्माण करता येतो अगर नाहीसा करता येतो व ह्याद्वारे सोर्स व ड्रेनमधील विद्युत्-प्रवाह 'ऑन्' अगर 'ऑफ्'



MOS ट्रांझिस्टरस् ची खंडित आकृती. (आडवा छेद)



MOS ट्रांझिस्टर : चौरस संयुक्त आकृती (अधो दर्शन)

आकृती क्र. ७ – MOS ट्रांझिस्टरचा रचना व चिन्हाकृती.

करता येतो. सोर्स आणि ड्रेनमधील प्रवाह गेटला दिलेल्या विद्युत्–दाबाच्या साह्याने नियंत्रित करता येण्याच्या ह्या गुणधर्मामुळे मॉस्फेटचा बायपोलर ट्रान्झिस्टरप्रमाणे स्विच्सारखा किंवा विद्युत्–संदेश-वर्धक म्हणून उपयोग करता येतो. बऱ्याच आधुनिक इलेक्ट्रॉनिक सिस्टम्समध्ये बायपोलर ट्रान्झिस्टर्सपेक्षा मॉस्फेटचा उपयोग करणे पसंत केले जाते.

आतापर्यंत वर्णन केलेल्या इलेक्ट्रॉनिक विद्युत्–घटकांखेरीज इतर अनेक प्रकारचे सेमीकंडक्टर घटक निरनिराळ्या इलेक्ट्रॉनिक उपकरणांत वापरले जातात. टनेल डायोड, व्हेरॅक्टर डायोड, शॉट्की बॅरिअर डायोड, ॲव्हलान्च डायोड, फोटो डिटेक्टर्स, लाइट एमिटिंग डायोड ही त्यांची काही उदाहरणे होत. हे सर्व विद्युत्–घटक साधारणतः

अनुक्रमणिका

एकएकटेच वापरले जातात; ह्या उलट आधी वर्णन केलेले डायोड, बायपोलर ट्रान्सिटर्स, मॉस्फेट्स्सारखे विद्युत्-घटक मोठ्या संख्येने एकत्रित करून IC चिप्समध्ये वापरलेले दिसतात. विद्युत्-मंडलांत वापरण्यात येणाऱ्या प्रत्येक सेमीकंडक्टर घटकाचे वर्णन करणे शक्य नाही. ह्या लेखांच्या योजनेचा विचार करता आता इंटिग्रेटेड सर्किट्स म्हणजे काय ते पाहणे योग्य ठरेल.

इंटिग्रेटेड सर्किट्सची संरचना

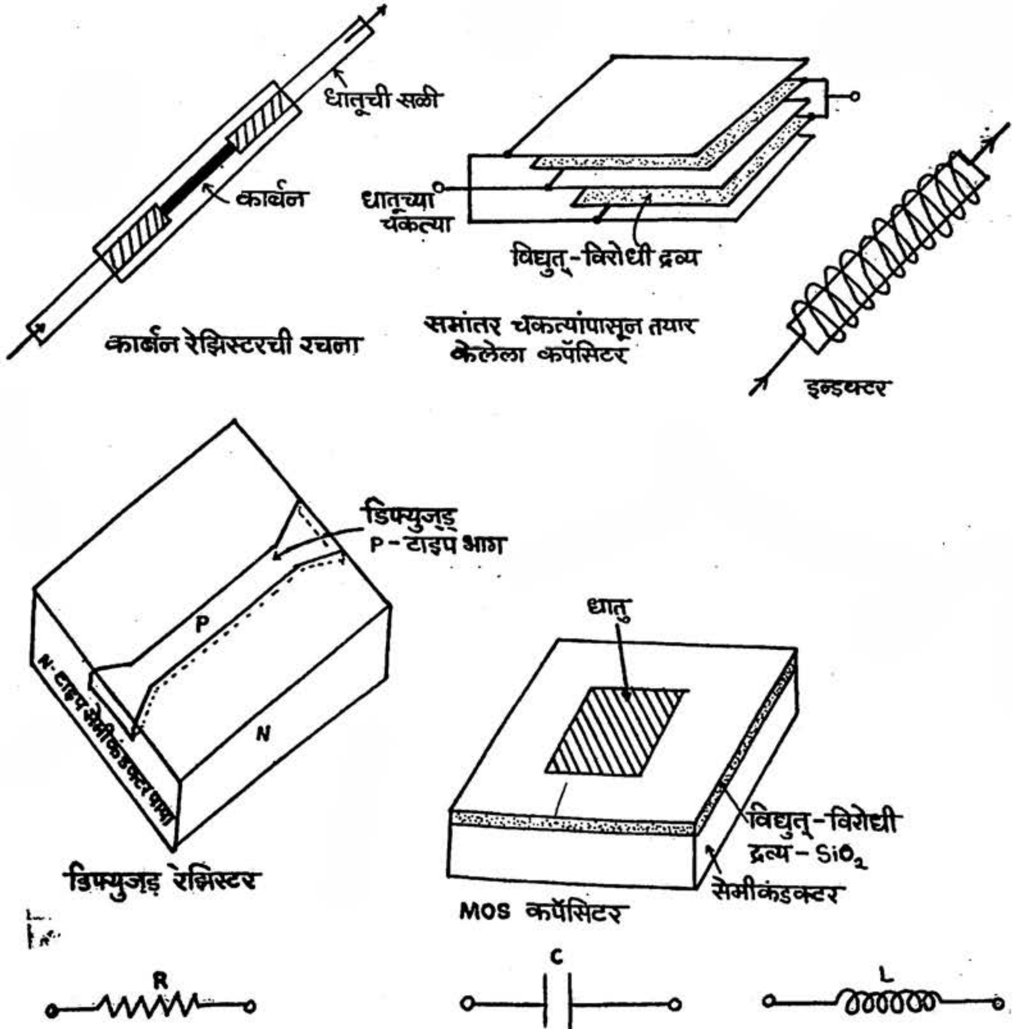
इंटिग्रेटेड सर्किट्समध्ये सेमीकंडक्टरच्या एकाच तुकड्यामध्ये मोठ्या संख्येने डायोड्स्, ट्रान्झिस्टर्स, कपॅसिटर्स, रेझिस्टर्स हे विद्युत्-घटक तयार करून आणि योग्य त्या प्रकारे एकमेकांना जोडून एक वा अनेक विद्युत्-मंडले बनवलेली असतात, हे आपण आधी पाहिले आहेच. सेमीकंडक्टरपासून ट्रान्झिस्टरसारखे सक्रिय घटक कसे बनविले जातात हे आपण पाहिले; आता रेझिस्टर, कपॅसिटरसारखे निष्क्रिय घटक कसे बनवण्यात येतात ते आपण पाहू. N-टाइप सेमीकंडक्टरच्या वेटात P-टाइप सेमीकंडक्टरचा चिंचोळा भाग तयार करून रेझिस्टर बनवता येतो. विजेचा प्रवाह केवळ त्या चिंचोळ्या भागातूनच वाहावा ह्यासाठी तो भाग आणि N-टाइप सब्स्ट्रेटमधील विजेच्या दाबातील फरक ऋण ठेवावा लागतो. ह्या स्थितीत P-टाइप आणि N-टाइप भागामधील P-N जंक्शन रिव्हर्स बायस्ड असते व त्यामधून विद्युत्प्रवाह वाहू शकत नाही. अशा तऱ्हेने बनवलेल्या रेझिस्टरला 'डिफ्यूझ्ड रेझिस्टर' असे म्हटले जाते. रेझिस्टर बनवण्याच्या ह्या पद्धतीत एक मोठाच तोटा आहे. तो म्हणजे हे डिफ्यूझ्ड रेझिस्टर्स बरीच जागा व्यापतात आणि त्यांच्या विद्युत्-विरोधात बराच बदलही होतो. ह्यामुळे सामान्यत: इंटिग्रेटेड सर्किट्समध्ये डिफ्यूझ्ड रेझिस्टर्स वापरणे टाळले जाते. बहुतेकदा इंटिग्रेटेड सर्किट्समध्ये वापरण्यात येणारे रेझिस्टर्स हे मुळात ट्रान्झिस्टर्सच असतात; कारण आधी पाहिल्याप्रमाणे बायपोलर ट्रान्झिस्टर्स हे एका दृष्टीने पाहिले तर बेस व एमिटरमधील विद्युत्प्रवाहाने नियंत्रित केलेले, तर मॉस्फेट्स हे गेट व सोर्समधील विद्युत्-दाबाने नियंत्रित केलेले रेझिस्टर्सच असतात. ह्यामुळे अशा ट्रान्झिस्टर्सचाच रेझिस्टर म्हणून इंटिग्रेटेड सर्किट्समध्ये उपयोग करणे पसंत केले जाते. इंटिग्रेटेड सर्किट्समध्ये कपॅसिटर्स तयार करणे सोपे असते. ज्याप्रमाणे मॉस्फेटमध्ये धातू-सिलिकॉन डायॉक्साइड-सेमीकंडक्टर अशा थरांच्या रचनेतून कपॅसिटर तयार होतो, तशीच रचना वापरून साधा कपॅसिटर बनवणे शक्य होते (आकृती क्र. ८ पहा).

साध्या विद्युत्-मंडलात आणि इंटिग्रेटेड सर्किट्स-मध्ये काय फरक आहे ते आपण आता पाहू. आपण आधी पाहिलेच आहे की, डायोड्स, ट्रान्झिस्टर्स, कपॅसिटर्स वगैरे विद्युत्-घटक योग्य त्या प्रकारे एकमेकांना तारांनी जोडून वेगवेगळी कार्ये करणारी विद्युत्-मंडले बनवता येतात. अशी विद्युत्-मंडले बरीच जागा व्यापतातच, पण ती भरवशाचीही नसतात. मोठे विद्युत्-मंडल बनवण्यासाठी इतक्या मोठ्या संख्येने तारा वापरून वेगवेगळे विद्युत्-घटक एकमेकांना जोडावे लागतात की, एकंदर मंडल रचना व्यवस्थित आहे की नाही ते पाहणे जवळ जवळ अशक्य होऊन जाते. ही अडचण दूर करण्या साठी कित्येकदा पीसीबी (प्रिंटेड सर्किट बोर्ड) चा वापर केला जातो. पीसीबीमध्ये बेकेलाइटसारख्या विद्युत्-विरोधी द्रव्याची एक फळी असते आणि तिच्यावर तांब्याचा एक पातळ थर दिलेला असतो. विद्युत्-मंडलातील तारांचा नकाशा (वायरिंग लेआउट) फोटोलिथॉग्रफी ह्या मुद्रणप्रक्रियेने पीसीबी वर छापला जातो आणि ह्या नकाशाबर-हुकूम ज्या भागातील तांब्याचा विद्युत्-वाहक तारा म्हणून उपयोग करण्यात येणार आहे, तो भाग वगळता तांब्याचा इतर भाग विरघळवून काढून टाकला जातो. ह्यानंतर त्या विद्युत्-मंडलातील घटक योग्य त्या जागी सोल्डरिंग करून (डाख देऊन) त्या फळीवर जोडले जातात. ह्यामुळे त्या विद्युत्-मंडलाची विश्वसनीयता (रिलायबिलिटी) वाढते. परंतु जागेचा प्रश्न मात्र सुटत नाही. विमाने, क्षेपणास्त्रे, अवकाशयाने ह्यांत वापरण्यात येणारी इलेक्ट्रॉनिक उपकरणे आकाराने व वजनाने कमी असावी लागतात; त्यामुळे पीसीबी वापरून केलेली विद्युत्-मंडले त्या दृष्टीने फारशी उपयोगाची नसतात. जर संपूर्ण इलेक्ट्रॉनिक सिस्टम्स एखाद्या सेमीकंडक्टरच्या लहानशा तुकड्यावरच तयार करण्यात आल्या, तर ह्या सर्व अडचणी दूर होतात.

इंटिग्रेटेड सर्किट तंत्रज्ञानामुळे आज हे शक्य झाले आहे.

इंटिग्रेटेड सर्किट्स ही केवळ वजनाने हलकी, आकाराने लहान आणि कामाच्या दृष्टीने अधिक भरवशाची असतात एवढेच नव्हे तर किमतीचा विचार केल्यास सुटे विद्युत्–घटक वापरून पीसीबी-बर बनवलेल्या तसल्याच विद्युत–मंडलांपेक्षा स्वस्तही पडतात. मोठ्या प्रमाणावर त्यांचे उत्पादन करता येते – एका घाण्यात वीस ते तीस हजार IC चिप्स बनू शकतात – आणि त्यामुळे एकेका चिप्‌ची किंमत सुटया घटकांनी बनलेल्या विद्युत–मंडलांपेक्षा बरीच कमी होते.

सध्याच्या काळात VLSI चिप्सचा (VLSI–व्हेरी लार्ज स्केल इंटिग्रेशन) बराच बोलबाला ऐकू येतो. इलेक्ट्रॉनिक्सविषयी विशेष माहिती नसलेल्या माणसाला VLSI किंवा LSI म्हणजे काय हा प्रश्न पडणे शक्य आहे. सुरुवातीला म्हणजे १९६० च्या सुमाराला जेव्हा पहिली IC चिप् बाजारात आली तेव्हा एका ४ मि. मी × ४ मि. मी. आकाराच्या चिप्‌मध्ये चार ट्रॉन्झिस्टर्स आणि सहा



आकृती क्र. ८ – विद्युत् घटक व त्यांची माइक्रोइलेक्ट्रानिक्समध्ये होणारी पर्यायी रचना. इन्डक्टर ह्या घटकाची सेमीकंडक्टरमध्ये पर्यायी रचना नाही.

अनुक्रमणिका

रेझिस्टर्स होते. इंटिग्रेटेड सर्किट्स बनवण्याचे तंत्रज्ञान जसजसे प्रगत होऊ लागले, तसतसे अधिकाधिक विद्युत्–घटक तेवढ्याच आकाराच्या एका चिप्मध्ये बसवता येणे शक्य झाले. एका चिप् मध्ये किती विद्युत्–घटक आहेत ह्यावरून त्या चिप्ची व्यामिश्रता (कॉम्प्लेक्सिटी) ठरते आणि ह्या व्यामिश्रतेवरून चिप्सचे वर्गीकरण केले जाते. SSI (स्मॉल् स्केल् इंटिग्रेशन) चिप्समध्ये प्रत्येक चिप्मध्ये शंभरापर्यंत वेगवेगळे विद्युत्–घटक असतात. १९७० सालापर्यंत ४ मि. मी. × ४ मि. मी. आकाराच्या एकाच चिप् मध्ये हजारापर्यंत विद्युत्–घटक बसवता येणे शक्य झाले होते आणि त्या अधिक गुंतागुंतीच्या चिप्सना मग MSI (मीडियम स्केल इंटिग्रेशन) चिप्स म्हणण्यात येऊ लागले. १९७० पासून १९७८ सालापर्यंत ह्या तंत्रज्ञानाची तेवढ्याच आकाराच्या चिप्समध्ये दहा हजारापर्यंत विद्युत्–घटक बसवण्याइतपत प्रगती झाली. ह्या चिप्सना LSI (लार्ज स्केल इंटिग्रेशन) चिप्स असे नाव देण्यात आले. त्यानंतरच्या काळातही प्रगतीचा हा वेग कायम राहिला आहे. आजच्या काळात ६ मि. मी. × ६ मि. मी. आकाराच्या चिप्मध्ये एक लाखापर्यंत विद्युत्–घटक बसवण्यात यश आले आहे. ह्या तंत्रज्ञानाच्या प्रगतीचा सध्याचा वेग पाहता ह्या शतकाच्या अखेरीपर्यंत प्रत्येकी दहा लाख ते एक कोटी विद्युत्–घटक असलेल्या अल्ट्रा लार्ज स्केल इंटिग्रेटेड चिप्स बनू लागतील, अशी अपेक्षा आहे.

इतक्या गुंतागुंतीची विद्युत्–मंडले असलेल्या चिप्स बनवणे ज्या तंत्रज्ञानामुळे शक्य झाले आहे, ते तंत्रज्ञान कोणते हे पाहण्याआधी कोणत्या प्रकारची विद्युत्–मंडले अशा चिप्समध्ये बसवतात ते आपण पाहू.

इलेक्ट्रॉनिक्सच्या ढोबळपणे दोन शाखा मानल्या जातात– पहिली शाखा ॲनलॉग सर्किट्सविषयीची, तर दुसरी डिजिटल सर्किट्स्विषयीची. ॲनलॉग सर्किट्समधील विद्युत्–दाब अगर प्रवाह ह्यांच्या रूपातील विद्युत्–संदेश (सिग्नल) हा अखंडपणे (कंटिन्युअसली) बदलू शकतो. उदाहरणार्थ, आपल्या घरात पुरवलेल्या विजेचा दाब हा द्विदिक् असून टोकांच्या दोन किंमतीमध्ये तो अखंडपणे बदलत राहतो. ह्याउलट, डिजिटल सर्किट्समधील विद्युत्–संदेश सुटचा सुटचा पायऱ्यांमध्ये बदलतो. उदा., कॉम्प्युटरमधील विद्युत्–मंडलांत शून्य ह्या संख्येसाठी एका पातळीचा विद्युत्–दाब आणि एक ह्या संख्येसाठी दुसऱ्या पातळीचा विद्युत्–दाब वापरतात. कॉप्युटरमध्ये सर्व संख्या ह्या त्यांच्या द्विमान (बायनरी) स्वरूपात मांडलेल्या असल्यामुळे कॉम्प्युटरच्या विद्युत्–मंडळात एक व शून्य ह्या संख्यांसाठी वापरण्यात येत असलेल्या पातळ्यांमध्येच विद्युत्–दाब आढळतो. अशा सुटचा पातळ्यांमध्ये बदलणाऱ्या विद्युत्– संदेशांवर वेगवेगळ्या प्रक्रिया करणे त्या मानाने सोपे असते आणि म्हणून सध्या वापरात असलेल्या इंटिग्रेटेड सर्किट्समध्ये डिजिटल सर्किट्स फार मोठ्या संख्येने आढळतात. ॲनलॉग सर्किट असलेली चांगली IC चिप् बनवणे हे फार गुंतागुंतीचे काम असते, त्यामुळे अगदी आवश्यक असल्याखेरीज ॲनलॉग सर्किट्सचा वापर टाळला जातो, आणि ज्या ज्या गोष्टी डिजिटल सर्किट्स् वापरून करता येणे शक्य असते त्या सर्व गोष्टींसाठी डिजिटल सर्किट्स्चाच वापर पसंत करतात. ट्रान्झिस्टरमधील (बेस व एमिटरमधील) विद्युत्–दाब अगर प्रवाह कमीजास्त करून तो सहज 'ऑफ्' अगर 'ऑन्' करता येतो. ऑफ् स्थितीतील ट्रान्झिस्टरला १ ह्या संख्येचे व ऑन् स्थितीतील ट्रान्झिस्टरला ० ह्या संख्येचे प्रतीक मानल्यास ट्रान्झिस्टरचा स्विच्सारखा वापर करून डिजिटल सर्किट्स बनवता येतात. कॉम्प्युटर्समध्ये माहिती साठवण्यासाठी वापरण्यात येणारी मेमरी सर्किट्स हीही डिजिटल सर्किट्सच होत. ह्यांचे वैशिष्ट्य असे की, त्यांत एकाच सर्किट् ब्लॉक्ची मोठ्या संख्येने पुनरावृत्ती केलेली असते. सध्याच्या काळात कॉंप्युटरचा वापर फार मोठ्या प्रमाणावर होत असल्याने सध्या तयार होत असणाऱ्या चिप्स् पैकी ७० ते ८० टक्के चिप्सचा वापर कॉंप्युटर्समध्येच होतो.

इंटिग्रेटेड सर्किट्सचे तंत्रज्ञान

सध्या वापरात असलेली बहुतेक सर्व इंटिग्रेटेड सर्किट्स अत्यंत शुद्ध स्वरूपातील सिलिकॉनच्या तुकड्यापासून बनवलेली असतात. शुद्ध स्फटिकरूपातील सिलिकॉन मिळवण्यासाठी बऱ्याच

अनुक्रमणिका





गुंतागुंतीच्या रासायनिक आणि धातुवैज्ञानिक प्रक्रियांचा वापर करावा लागतो. ह्या प्रक्रियांतून सळयांच्या आकाराचे सिलिकॉनचे स्फटिक बनवले जातात. ह्या सळचा साधारणतः १ ते ६ इंच व्यासाच्या असतात आणि त्या आडव्या कापून त्यांचे ३०० ते ५०० मायक्रॉन्स (१ मायक्रॉन म्हणजे एका मिलिमीटरचा हजारावा भाग) जाडीचे पातळ तुकडे (वेफर्स) पाडले जातात. ह्या तुकड्यांवर इंटिग्रेटेड सर्किट्स बनवताना जे विद्युत्-घटक तयार केले जातात त्यांची जाडी १० मायक्रॉनच्या आसपास असते, परंतु आधारासाठी सिलिकॉन वेफर्सची जाडी त्या मानाने बरीच जास्त म्हणजे ३०० ते ५०० मायक्रॉन्स ठेवली जाते. ह्या सिलिकॉनच्या वेफरला पाया (सब्स्ट्रेट) असे म्हटले जाते. १९६० पासून आतापर्यंतच्या वीस–पंचवीस वर्षांत ह्या सब्स्ट्रेटमध्ये वेगवेगळ्या प्रक्रियांनी बनवलेल्या विद्युत्–घटकांची परिमाणे अधिकाअधिक कमी होत आलेली आहेत. सुरुवातीच्या काळात एक विद्युत्–घटक साधारणतः १००×१०० मायक्रॉन्स एवढी जागा व्यापत असे. आता तोच घटक ५ × ५ मायक्रॉन्स एवढ्या जागेत बनवता येतो. सुरुवातीच्या IC चिप्स्चा आकार ४ × ४ मि. मी. एवढा असे. सध्याच्या चिप्सचा आकार ८ × ८ मि. मी. एवढा असतो.

IC चिप्स् तयार करण्याच्या पद्धतीचा एक मोठा फायदा असा आहे की, त्या प्रक्रियेत बऱ्याच चिप्स् एकदम बनवता येतात. दीडशे ते दोनशे सिलिकॉन वेफर्सच्या गटावर एकदमच वेगवेगळ्या प्रक्रिया करून IC चिप्स बनवल्या जातात. चार इंची सिलिकॉन वेफरवर ६ × ८ मि. मी. आकाराच्या ५०० चिप्स बसतात; अशा दोनशे वेफर्सच्या गटावर एकदमच प्रक्रिया करण्यात आल्या, तर एका घाण्यात एक लाख चिप्स बनतील. सध्या ह्या तंत्रज्ञानात केवढी प्रगती झाली आहे ते माहीत नसल्यास ह्या सर्व गोष्टी अशक्य कोटीतील वाटतील. परंतु एके काळी ज्याची कल्पना करणेही कठीण होते ते आज प्रत्यक्षात उतरले आहे. ह्या शतकाच्या सहाव्या दशकाच्या अखेरीस वापरात असलेल्या कॉम्प्युटर सिस्टम्स पाच–दहा गोदरेज कपाटांइतकी जागा व्यापत, आज तेवढीच कार्यक्षमता असलेला कॉम्प्युटर एका छोट्याशा– एक चौरस सें. मी. आकाराच्या– IC चिप्‌वर बनवता येतो.

इतक्या गुंतागुंतीच्या IC चिप्स कशा बनवल्या जातात, ते आपण आता पाहू. पण त्या आधी चिप्स् बनवण्यासाठी वापरण्यात येणाऱ्या वेगवेगळ्या रासायनिक आणि धातुवैज्ञानिक प्रक्रिया कोणत्या ते पाहणे युक्त ठरेल.

१) ऑक्सिडेशन : ह्या प्रक्रियेत सिलीकॉनच्या पातळ थराचे त्याच्या ऑक्साइडमये (SiO_2– सिलिकॉन डायॉक्साइड) रूपांतर केले जाते. ८००° से. ते १२००° से. एवढ्या तपमानात सिलिकॉनच्या वेफरला ऑक्सिजनने भरलेल्या क्वार्ट्झच्या नळीत तापवून ही प्रक्रिया घडवून आणली जाते. ह्या नळीत एका बाजूने वायू सोडला जातो व दुसऱ्या टोकाकडून तो बाहेर पडण्याची व्यवस्था असते. सिलिकॉनचे वेफर्स क्वार्ट्झच्या 'होडीत' ठेवून नळीत सोडले जातात. ह्या नळीतील तपमान ठरलेल्या पातळीच्या $\pm \frac{1}{2}$° से. मध्ये राखलेले असते. सिलिकॉन डायॉक्साइडचा एक महत्त्वाचा गुणधर्म असा आहे की, त्याच्या थरातून फॉस्फरस, बोरॉन इत्यादी द्रव्यांचे कण जाऊ(डिफ्युज होऊ)शकत नाहीत. त्याखेरीज मॉस्फेटसारख्या घटकांमध्ये सिलिकॉन डायॉक्साइडच्या थराचा विद्युत्–विरोधक म्हणून कसा वापर केला जातो, हे आपण पाहिले आहेच. IC तंत्रज्ञानाच्या प्रगतीमध्ये सिलिकॉन डायॉक्साइडच्या ह्या गुणधर्मांचा मोठाच वाटा आहे.

२) डिफ्यूजन : ह्या प्रक्रियेत फॉस्फरस, बोरॉन ह्यांसारख्या द्रव्यांचे अणू योग्य त्या प्रमाणात आणि योग्य त्या खोलीपर्यंत सिलिकॉनच्या वेफरमध्ये मिसळले जातात. ही प्रक्रिया 'डिफ्यूजन फर्नेस' ह्या नावाने ओळखल्या जाणाऱ्या भट्टीत घडवून आणली जाते. ऑक्सिडेशन ह्या प्रक्रियेप्रमाणेच डिफ्यूजन फर्नेसचे तपमान कित्येक तास ८००° से. ते १२००° से. च्या दरम्यान राखले जाते. आपण आधी पाहिलेच आहे की, इंटिग्रेटेड सर्किट्समधील विद्युत्–घटक हे सिलिकॉनच्या एकाच तुकड्याच्या, फॉस्फरस, बोरॉन ह्यांसारखी मूलद्रव्ये वेगवेगळ्या प्रमाणात मिसळलेल्या भागांच्या विवक्षित संरचनेतून निर्माण करण्यात येतात. सिलिकॉनच्या तुकड्याच्या वेगवेगळ्या

भागांत ही द्रव्ये नियंत्रित रीतीने मिसळण्याची क्रिया डिफ्यूजनने घडवून आणली जाते. ह्या कारणामुळे डिफ्यूजन ही प्रक्रिया अत्यंत महत्त्वाची आहे. सिलिकॉनमध्ये मिसळण्यात येणारी द्रव्ये घन, द्रव किंवा वायुरूपात असू शकतात. असे एखादे द्रव्य कोणत्या स्वरूपात आहे त्यावरून ते डिफ्यूजन फर्नेसमध्ये सोडण्याची पद्धत निवडली जाते. उदा., असे द्रव्य द्रवरूपात असल्यास त्या द्रवात नायट्रोजन वायू सोडला जातो आणि त्याबरोबर बाहेर पडणाऱ्या त्या द्रवाच्या वाफा भट्टीत सोडण्यात येतात.

सध्याच्या काळात कित्येकदा सिलिकॉनमध्ये इतर द्रव्ये मिसळण्यासाठी डिफ्यूजन ही 'पारंपरिक' पद्धत वापरणे पसंत केले जात नाही. अशा वेळी "आयन इंप्लँटेशन" ह्या नावाने ओळखली जाणारी एक नवी पद्धत वापरली जाते. ह्या पद्धतीत सिलिकॉनमध्ये मिसळण्यात येणाऱ्या द्रव्यातून वीज पाठवून त्यांचे 'प्लाझ्मा'मध्ये (आयनद्रायुत) रूपांतर केले जाते (जेव्हा एखाद्या द्रव्याचे अणू विद्युत्-भारित होऊन त्यांचे आयन्समध्ये रूपांतर होते तेव्हा त्या द्रव्याच्या स्थितीला प्लाझ्मा असे म्हणतात). विद्युत्-चुंबकांच्या साहाय्याने ह्या आयन्सना इतरांपासून वेगळे ठेवले जाते. ह्या आयन्सचा हव्या त्या आकाराचा 'किरण' (बीम) तयार करण्यात येतो व निर्वात पोकळीत ठेवलेल्या सिलिकॉनच्या वेफरवर योग्य त्या प्रकारे तो किरण रोखून आयन्सचा मारा केला जातो. ह्या आयन्सचा सिलिकॉनवर मारा करण्याआधी त्यांचा वेग वाढवून त्यांतील ऊर्जा वाढवण्यात येते. ह्या आयन्सचा सिलिकॉनवर मारा केल्यास ते त्यात शिरतात व सिलिकॉनच्या स्फटिकरचनेतील कित्येक जागा स्वतः व्यापतात. अशा तऱ्हेने सिलिकॉनमध्ये मिसळण्यात आलेल्या द्रव्याचे प्रमाण व त्या द्रव्याचे अणू मिसळलेल्या थराची खोली नियंत्रित करणे आज सहज शक्य झाले आहे.

३) मेटलायझेशन : ह्या प्रक्रियेत सिलिकॉनच्या पायावर ॲल्युमिनियम अगर तत्सम धातूंचे पातळ थर दिले जातात. निर्वात जागेत ॲल्युमिनियम त्याचे बाष्पीभवन होईपर्यंत तापवून ही प्रक्रिया घडवून आणली जाते. अशा जवळजवळ निर्वात पोकळीत त्या मानानें बऱ्याच कमी तपमानाला ॲल्युमिनियमचे बाष्पीभवन घडून येते. सिलिकॉनच्या वेफरवर तयार करण्यात आलेले विद्युत्-घटक एकमेकांना जोडण्यासाठी ज्या धातूंच्या तारा त्या वेफरमध्येच बनवाव्या लागतील; त्या बनवण्यासाठी मेटलायझेशनचा वापर करतात.

४) फोटोलिथॉग्रफी : आतापर्यंत वर्णन केलेल्या सर्व प्रक्रिया इंटिग्रेटेड सर्किट तंत्रज्ञानाच्या दृष्टीने महत्त्वाच्या आहेतच; परंतु ज्या प्रक्रियेमुळे अत्यंत लहान आकाराचे विद्युत्-घटक सिलिकॉनच्या छोट्याशा तुकड्यावर तयार करता येणे शक्य झाले आहे, त्या प्रक्रियेचे नाव आहे फोटोलिथॉग्रफी. आपण आधी पाहिल्याप्रमाणे मॉस्फेटसारखा विद्युत्-घटक तयार करण्यास सिलिकॉनच्या P- टाइप सब्स्ट्रेटमध्ये N- टाइप सिलिकॉनची दोन सूक्ष्म आकाराची बेटे त्यांमध्ये छोटीशी 'चॅनल्' सोडून तयार करावी लागतात. साहजिकच असा विद्युत्-घटक तयार करावयाचा असेल, तर त्यासाठी असे तंत्र वापरावे लागेल की, ज्याच्या द्वारे डिफ्यूजन अगर त्या सारख्या एखाद्या प्रक्रियेचे अत्यंत काटेकोरपणे नियंत्रण करता येऊन सिलिकॉनच्या लहानशा भागात योग्य तेवढ्याच प्रमाणात इतर द्रव्ये मिसळून हवे ते भाग बनवता येतील. फोटोलिथॉग्रफीचे तंत्र छायाचित्रणासारखेच आहे. ह्या तंत्रात सिलिकॉनच्या तुकड्यात जिथे जिथे इतर द्रव्ये मिसळावयाची असतात त्या सर्व भागांचा एक नकाशा काचेच्या पटावर (ग्लास् प्लेट्) तयार केला जातो. ह्या पटाला 'मास्क्-प्लेट्' असे म्हणतात. ज्या सिलिकॉनच्या तुकड्यावर इंटिग्रेटेड सर्किट बनवावयाचे असेल त्याच्या पायावर (सब्स्ट्रेट) प्रथम 'फोटोरेझिस्ट' ह्या नावाने ओळखल्या जाणाऱ्या द्रव्याचा थर दिला जातो. ह्या द्रव्यावर अट्राव्हायोलेट (जंबुपार) किरणांचा मारा केल्यास ती कठीण बनतात व 'डिव्हलपर्स' ह्या नावाने ओळखल्या जाणाऱ्या द्रवांत ती विरघळू शकत नाहीत. फोटोरेझिस्ट द्रव्याचा थर दिलेल्या सबस्ट्रेटवर मास्क-प्लेटमधून अट्राव्हायोलेट किरण पाठवून त्यांचा मारा केला जातो. मास्क्-प्लेट मध्ये आधी चित्रित केलेल्या नकाशाप्रमाणे काही भाग 'पारदर्शक' तर काही 'अपारदर्शक', असतात. अपारदर्शक भागांतून किरण जाऊ शकत नसल्याने

सब्स्ट्रेटमधील ज्या भागांवर ते किरण अन्यथा पडले असते त्या भागांवरील फोटोरेझिस्टच्या थरा-वर त्यांचा काही परिणाम होऊ शकत नाहीं, तर पारदर्शक भागांतून जाणारे किरण सब्स्ट्रेट्च्या ज्या भागांवर पडतात त्या भागांवरील फोटोरेझि-स्टचा थर कठीण बनतो. ह्या प्रक्रियेनंतर सिलिकॉ-नची सब्स्ट्रेट डिव्हलपरमध्ये बुडवली जाते. ह्या द्रवात फोटोरेझिस्टच्या थरांच्या ज्या भागांवर अट्राव्हायोलेट किरणांची प्रक्रिया झालेली नसते ते भाग विरघळून जातात आणि अशा तऱ्हेने मास्क्-प्लेटची एक प्रतिमाच सिलिकॉनच्या तुकड्या-वर उमटते. ह्या तंत्रामुळे सिलिकॉनच्या तुकड्याचे अत्यंत सूक्ष्म आकाराचे भाग पुढील प्रक्रियांसाठी 'उघडे' करणे शक्य होते. सामान्यतः गुंतागुंतीची इंटिग्रेटेड सर्किट्स् बनवताना फोटोलिथॉग्रफीचा पुन्हा पुन्हा वापर करावा लागतो. ही क्रिया ज्या क्रमाने पुन्हा पुन्हा केली जाते त्या क्रमाला 'मास्किंग सीक्वेन्स' असे म्हणतात. प्रत्येक क्रियेत सिलिकॉ-नच्या त्याच तुकड्याचे वेगवेगळे भाग वेगवेगळ्या मास्क प्लेट्स वापरून पुढील प्रक्रियांसाठी उघडे केले जातात. ह्या सर्व मास्क-प्लेट्सची व्यवस्थित जुळणी (अलाइनमेंट) घडवणे महत्त्वाचे असते.

(५) **एचिंग** : सब्स्ट्रेटवर मास्क प्लेटची प्रतिमा उमटवल्यानंतर तिचे (सब्स्ट्रेटचे) नको असलेले भाग विरघळवून काढून टाकले जातात. ह्या प्रक्रियेला 'एचिंग' असे नाव आहे. ह्यासाठी हायड्रोफ्लोरिक ॲसिड, फॉस्फॉरिक ॲसिड ह्यांसारखे द्रव वापरले जातात. अट्राव्हायोलेट किरणांमुळे सब्स्ट्रेटच्या ज्या भागांवरील फोटोरे-झिस्टचा थर कठीण झाला असतो, त्या भागांवर ह्या द्रवांचा काही परिणाम होत नाही.

इंटिग्रेटेड सर्किटस् बनवण्यासाठी 'एपिटॅक्शियल ग्रोथ', 'केमिकल व्हेपर डेपझिशन', 'प्लाझ्मा एचिंग' ह्यांसारख्या इतरही बऱ्याच प्रक्रिया विशिष्ट कारणासाठी वापरल्या जातात. विस्तारभयास्तव त्या सर्वांचे वर्णन करणे शक्य होणार नाही. मात्र आतापर्यंत ज्यांचे संक्षिप्त प्रमाणात का होईना पण वर्णन केले गेले आहे, त्या प्रक्रिया ह्या इतर प्रक्रि-यांच्या मानाने जास्त महत्त्वाच्या आहेत. जाता जाता एक लहानशी गोष्ट सांगावीशी वाटते ती अशी की, इंटिग्रेटेड सर्किटस ही वातानुकूलित आणि अत्यंत धूलिविरहित जशा वातावरणात बनवावी लागतात. रुग्णालयातील 'ऑपरेशन थिएटर्स'-पेक्षाही वातावरणातील धुळीचे प्रमाण फार कमी असावे लागते. तिथे काम करणाऱ्या लोकांना नाय-लॉनच्या ओव्हरकोट्समध्ये स्वतःला झाकून घ्यावे लागते, डोके व हातही आच्छादित असावे लागतात. ही सर्व काळजी अशासाठी घ्यावी लागते की, IC चिपमधील विद्युत्-घटक ५ × ५ मायक्रॉन्स आका-राचे असल्याने व त्यांना जोडणाऱ्या विद्युत्-वाहक तारा २–३ मायक्रॉन्सच्या असल्याने १० ते २० मायक्रॉन्स एवढ्या आकाराचा एखादा धुळीचा कण अशा चिपमध्ये घुसला तर त्यामुळे त्या चिपमधील अनेक विद्युत्-घटक योग्य ते कार्य करेनासे होतील.

एवढ्या लहान आकाराचे विद्युत्-घटक असलेली इंटिग्रेटेड सर्किट्स बनवली जातात तरी कशी, हे थोडक्यात पाहू या. आतापर्यंतच्या वर्णनावरून हे कळून चुकले असेलच की, चिप्मधील विद्युत्-घटक ज्या परिमाणांचे (डायमेन्शन) असतात त्या परि-माणांचे मास्क्स एकदम बनवणे शक्य होणार नाही. त्यामुळे प्रत्यक्षात त्या चिप्च्या २०० ते ४००पट मोठी परिमाणे असलेले मास्क्स दुहेरी थर असलेल्या पॉलिमरच्या पटावर बनवले जातात. ह्यांतील एक थर तांबडा तर दुसरा पारदर्शक असतो. मास्क-प्लेटवरील ज्या ज्या भागांतून अट्राव्हायोलेट किरणांना रोखणे जरूर असते, त्यांचा नकाशा तांबड्या थरात तयार करून ह्या थराचा उरलेला भाग काढून टाकला जातो. नंतर छायाचित्रणाची तंत्रे वापरून ह्या 'मास्टर-ड्रॉइंग' ची २० ते ४० पट लहान आवृत्ती बनवली जाते. ह्या आवृत्तीची परिमाणे हव्या असलेल्या मास्क-प्लेटच्या परिमाणांच्या साधारण १०पट असतात. ह्या आवृत्तीतही 'स्टेप अँड् रिपीट कॅमेरा' ह्या नावाने ओळखल्या जाणाऱ्या कॅमेऱ्याच्या साह्याने दहापट घट घडवून आणून अखेर हव्या त्या आकाराची मास्क-प्लेट काचेच्या पटावर बनवली जाते. ह्या प्रक्रियेत काचेच्या पटावर सिलिकॉनच्या वेफरमधून एकाच वेळी जितक्या चिप्स् बनवल्या जाणार असतात त्या सर्व चिप्स्चे मास्क्स उमटविले जातात. सध्याच्या काळात

चिप्स्मधील विद्युत्-घटक इतक्या लहान आकाराचे असतात की, त्यांच्या २०० ते ४०० पट मोठ्या प्रतिमा मास्टर ड्रॉइंग बनवताना साध्या यंत्रांच्या साह्याने कापणे शक्य होत नाही. ह्यामुळे कॉंप्युटरने नियंत्रित केलेल्या योग्य त्या आकाराच्या किरणांच्या साह्याने काचेच्या पटावर प्रतिमा उमटविल्या

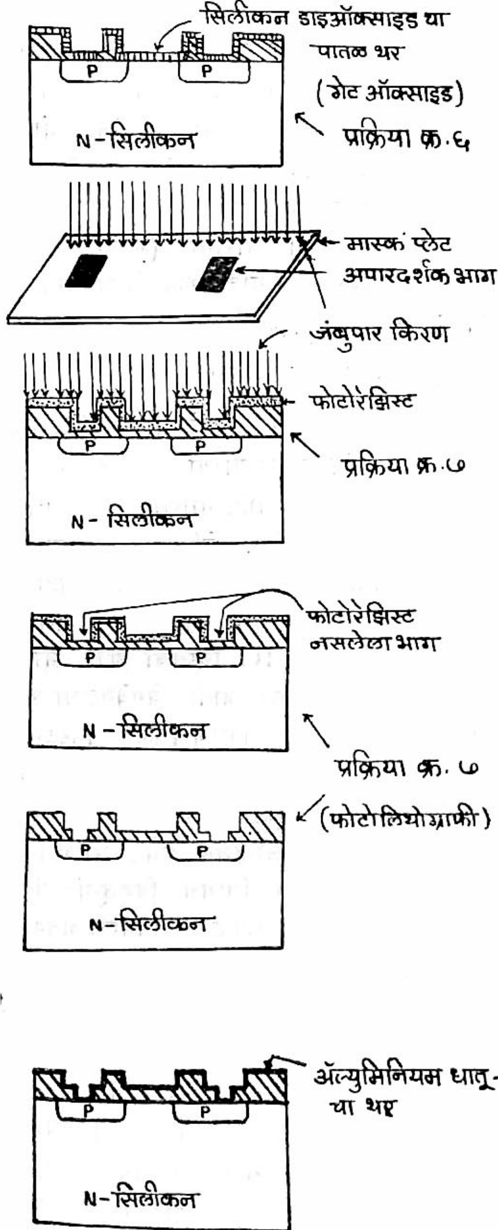
एनटाइप सिलीकन पाया
प्रक्रिया क्र.१
सिलीकन डायऑक्साइड
प्रक्रिया क्र. 2
(ऑक्सिडेशन विधी)
N - सिलीकन
फोटोरेझिस्ट
N-सिलीकन पाया
प्रक्रिया क्र. 3
(फोटो लिथोग्राफी)
N-सिलीकन
फोटोरेझिस्ट
SiO_2
N-सिलीकन
डिफ्युजनसाठी सिलीकन-च्या उघडलेला भाग
N- सिलीकन
(अ)
नवा SiO_2 चा थर
P- टाइप बेट
प्रक्रिया क्र.४
(डिफ्युजन विधी)
N-सिलीकन चा पाया
फोटोरेझिस्ट-चा थर
N-सिलीकन
जंबुपार किरण
मास्कप्लेट
अपारदर्शक भाग
N-सिलीकन
N सिलीकन
प्रक्रिया क्र.५
N- सिलीकन

आकृती क्र. ९ – (अ) : इन्टिग्रेटेड सर्किट तयार करण्याची कृती.

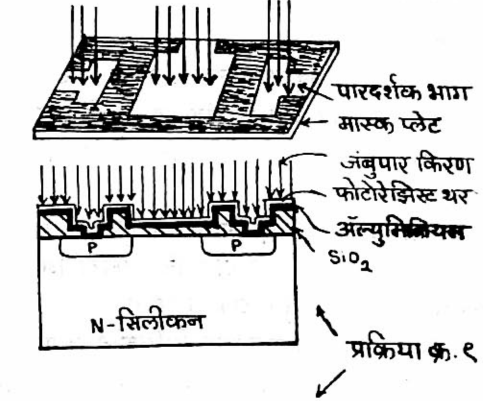
अनुक्रमणिका

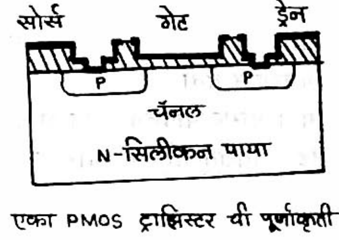
जातात. इलेक्ट्रॉन्सच्या किरणांच्या साह्याने विद्युत्-मंडलाचा नकाशा प्रत्यक्ष सिलिकॉन वेफरवर उमटवण्याचे तंत्रही हल्ली बऱ्याच प्रमाणावर वापरतात.

उदाहरण म्हणून P– टाइपची चॅनल असलेला मॉस्फेट बनवण्याच्या कृतीत वापरण्यात येणाऱ्या प्रक्रियांचा क्रम आपण पाहू. आकृती क्र. ९ मध्ये हा क्रम चित्रित केला आहे.

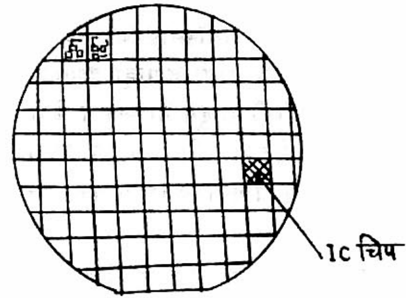


प्रक्रिया क्र. ८ (मेटलाइजेशन) (आ)





एका PMOS ट्रांझिस्टर ची पूर्णाकृती



सिलीकन वेफर आणि IC चिप्स (प्रक्रिया क्र. १०)

प्रक्रिया क्र. ११



IC चिप प्लॅस्टीक पॅकेजच्या आत आहे

आकृती क्र. ९ – (आ) : सेमीकंडक्टरवेफर ते पॅकेज्ड IC चिप; ह्याचा कृति-क्रम.

अनुक्रमणिका

प्रक्रिया १ : N– टाइपचा सिलिकॉनचा तुकडा (सब्स्ट्रेट) वेगवेगळ्या रसायनांत स्वच्छ केला जातो.

प्रक्रिया २ : ऑक्सिडेशन ह्या प्रक्रियेने सिलिकॉनच्या तुकड्यावर ५००० ते १०००० अँगस्ट्रॉम्स (१ अँगस्टॉम म्हणजे १०$^{-८}$ किंवा एक दशकोटयांश सेंटीमीटर). एवढ्या जाडीचा सिलिकॉन डायॉक्साइडचा थर तयार केला जातो.

प्रक्रिया ३ : पहिला मास्क वापरून फोटोलिथॉग्रफीच्या साहृयाने ज्या भागांत इतर द्रव्ये डिफ्यूजन ह्या प्रक्रियेने मिसळावयाची आहेत, त्या भागांची प्रतिमा उमटवली जाते. ह्या भागांतील सिलिकॉन डायॉक्साइडचा थर एचिंग करून काढून टाकला जातो. राहिलेल्या भागावरील फोटोरेझिस्टचा थरही ह्यानंतर काढून टाकला जातो.

प्रक्रिया ४ : ज्या भागावर सिलिकॉन डायॉक्साइडचा थर राहिलेला नाही, अशा भागात डिफ्यूजन प्रक्रियेने बोरॉनचे कण मिसळले जातात. ह्यानंतर पुन्हा ऑक्सिडेशनप्रक्रियेने सिलिकॉन डायॉक्साइडचा थर तयार करण्यात येतो.

प्रक्रिया ५ : दुसरा मास्क् वापरून ज्या भागात 'गेट्'चा इलेक्ट्रोड (विद्युत्–ध्रुव) तयार करावयाचा असतो ती जागा निश्चित केली जाते. त्याचप्रमाणे 'सोर्स' आणि 'ड्रेन' ह्यांना जोडणारे विद्युत्–वाहक ज्या जागांतून जाणार त्या जागाही निश्चित केल्या जातात. ह्यानंतर आधी तयार केलेला सिलिकॉन् डायॉक्साइडचा थर एचिंग करून काढून टाकला जातो व पुन्हा देण्यात आलेला फोटोरेझिस्टचा थरही काढून टाकण्यात येतो.

प्रक्रिया ६ : गेटच्या विद्युत्–ध्रुवाखाली लागणारा सिलिकॉन डायॉक्साइडचा पातळ थर तयार करण्यात येतो.

प्रक्रिया ७ : सोर्स व ड्रेन ह्यांना जोडणाऱ्या विद्युत्–वाहकांसाठी लागणाऱ्या जागा तिसरा मास्क वापरून उघड्या करण्यात येतात.

प्रक्रिया ८ : मेटलायझेशनचा वापर करून सिलिकॉन वेफरवर ॲल्युमिनियमचा पातळ थर देण्यात येतो.

प्रक्रिया ९ : चौथा मास्क वापरून जिथे जिथ विद्युत्–ध्रुवासाठी (उदा., सोर्स व ड्रेन ह्यांना जोडलेल्या) जागा हवी आहे, त्या जागांखेरीज इतरत्र असलेला ॲल्युमिनियमचा थर काढून टाकण्यात येतो.

प्रक्रिया १० : हिऱ्याचे टोक असलेल्या सळीने सिलिकॉनच्या वेफरमधून एकाच वेळी बनवण्यात आलेल्या चिप्स कापून अलग केल्या जातात.

प्रक्रिया ११ : योग्य त्या प्रकारच्या आवरणांत (पॅकेज्) चिप्स बंदिस्त केल्या जातात. पुढे वापरतेवेळी चिप्सच्या ज्या ज्या भागांची मोठ्या विद्युत्मंडलांत विद्युत्-वाहक तारांनी जोडणी करावयाची असते, त्या भागांतून निघालेले विद्युत्-वाहक मोठ्या आकाराच्या तारांना (लीड्स) जोडून चिप्सच्या आवरणांतून बाहेर काढलेले असतात.

इंटिग्रेटेड सर्किट्सचा वेगवेगळ्या क्षेत्रांतील वापर :

ज्यांमध्ये IC चिप्स वापरलेल्या नसतील अशा इलेक्ट्रॉनिक यंत्रणा सध्याच्या काळात सापडणे जवळ जवळ अशक्यच आहे. माहिती (इन्फर्मेशन) वाहून नेणारी टेलिफोन, टेलिग्राफ ह्यांसारखी माध्यमे, त्यांसाठी वापरण्यात येणाऱ्या उपग्रहांतील (सॅटेलाईट) अथवा मायक्रोवेव्ह चॅनल्समधील यंत्रणा ह्या सर्वांत IC चिप्सचा फार मोठ्या प्रमाणावर वापर केला जातो. वेगवेगळ्या कारखान्यांमधील नियंत्रक उपकरणे (कंट्रोल सिस्टम्स), मापनयंत्रे (मेझरिंग इन्स्ट्रुमेंट्स) ह्यांतही IC चिप्सचा मोठा वापर होतो. करमणुकीसाठी बनवलेले इलेक्ट्रॉनिक खेळ, टेलिव्हिजन, कॅसेट आणि डिस्क प्लेयर्स इत्यादींमध्ये IC चिप्सच विद्युत्-मंडलांतील महत्त्वाचे घटक म्हणून आढळतात. विमाने, अवकाशयाने ह्यांमधील गुंतागुंतीच्या इलेक्ट्रॉनिक यंत्रणा IC चिप्सवरच आधारलेल्या असतात. सैनिकी क्षेत्रात वापरली जाणारी क्षेपणास्त्रे, रॉकेट्स ह्यांच्या नियंत्रक यंत्रणा; रडार, सोनार वगैरे उपकरणांतील संदेशांवर (सिग्नल) प्रक्रिया करणाऱ्या यंत्रणांच्या सध्याच्या प्रगत स्थितीला IC चिप्स मोठ्या अर्थाने कारणीभूत आहेत. वैद्यकीय तंत्रज्ञानाच्या प्रगतीलाही IC तंत्रज्ञानाचा फार मोठा हातभार लागला आहे. पेस-मेकर, डायॅलिसिसचे यंत्र, ECG, EEG काढणारी यंत्रे,

कॅटस्कॅनसारखी यंत्रे ह्या सर्वांतच IC चिप्सचा फार मोठ्या प्रमाणावर वापर केलेला असतो. IC चिप्सचा जिथे जिथे वापर होतो त्या सर्व गोष्टींची जंत्री ह्या लेखात देणे शक्य नाही. वर दिलेल्या उदाहरणांवरून एवढे कळून चुकण्यास हरकत नसावी की, मानवी तंत्रज्ञानाचे असे कोणतेही क्षेत्र नसेल की ज्याची सध्याची प्रगती IC चिप्सशिवाय शक्य झाली असती.

मानवी तंत्रज्ञानाच्या जवळजवळ सर्वच क्षेत्रांत इंटिग्रेटेड सर्किट्सनी आपला प्रभाव पाडला असला, तरी सध्या आपल्या जीवनात होत असलेल्या क्रांतीला तंत्रज्ञानाचे कोणते क्षेत्र सर्वाधिक जबाबदार असेल तर ते म्हणजे कॉम्प्युटरचे तंत्रज्ञान आणि ह्या तंत्रज्ञानाची सध्याची प्रगती इंटिग्रेटेड सर्किट्सविना पूर्णत: अशक्य झाली असती. ज्या ज्या ठिकाणी शक्य असेल त्या त्या ठिकाणी आज कॉम्प्युटरचा शिरकाव होत आहे आणि इंटिग्रेटेड सर्किट्सचे तंत्रज्ञान जसजसे प्रगत होत आहे तसतसे अधिकाधिक गुंतागुंतीचे, 'वेगवान' आणि 'शक्तिवान' (वेगवेगळी गणितीय कार्ये करण्याचा वेग ह्या अर्थाने वेगवान आणि अधिकाधिक गुंतागुंतीची कार्ये प्रोग्रॅमरच्या दृष्टीने तेवढ्याच सुलभतेने करण्याची क्षमता ह्या दृष्टीने शक्तिवान) कॉम्प्युटर्स बनवले जात आहेत. ज्याप्रमाणे कॉम्प्युटरच्या प्रगतीला इंटिग्रेटेड् सर्किट्सनी हातभार लावला आहे, त्याचप्रमाणे अधिकाधिक गुंतागुंतीची इंटिग्रेटेड सर्किट्स बनवणे त्यासाठी लागणाऱ्या प्रक्रियांत कॉम्प्युटरचा मोठ्या प्रमाणावर वापर करूनच शक्य झाले आहे. ह्यामुळे कित्येकदा असा विनोद केला जातो की, कॉम्प्युटर्सच सध्या अधिक शक्तिवान कॉम्प्युटर्सना जन्म देत आहेत.

आपल्या जीवनात सध्या मायक्रोइलेक्ट्रॉनिक्सचा म्हणजेच इंटिग्रेटेड सर्किट्स बनविण्याच्या कलेचा प्रत्यक्ष वा अप्रत्यक्ष रीतीने केवढा प्रभाव पडलेला आहे, त्याची छोटीशी झलक वरील उदाहरणांवरून मिळाली असेल. प्रगत देशांतील लोकजीवनात हा प्रभाव साहजिकच अधिक प्रमाणात दिसून येतो, पण भारतासारख्या त्या मानाने अविकसित देशातही मायक्रोइलेक्ट्रॉनिक्सने आपला प्रभाव पाडण्यास सुरुवात केली आहे आणि दिवसेंदिवस हा प्रभाव वाढतच जाणार आहे.

हा लेख संपविण्याआधी आपण भारतात सध्या मायक्रोइलेक्ट्रॉनिक्सच्या तंत्रज्ञानाने केवढी प्रगती केली आहे ते पाहू.

भारतातील मायक्रोइलेक्ट्रॉनिक्सची स्थिती

मायक्रोइलेक्ट्रॉनिक्सच्या क्षेत्रामध्ये सध्या आपल्याकडे जे काही चालले आहे, त्याकडे पाहता असे म्हणावे लागते की, आपली सध्याची स्थिती सुधारण्याकरिता ह्या तंत्रज्ञानाचा पुरेपूर उपयोग करून घेण्यासाठी बराच काळ लोटावा लागेल. ह्याचे एक कारण असे असू शकेल की, ह्या तंत्रज्ञानासाठी फार मोठ्या प्रमाणावर भांडवली गुंतवणूक करावी लागते आणि भारतासारख्या देशात भांडवलाचा तुडवडा सततच जाणवत असतो. दुसरे एखादे कारण असेही असेल की, भारतीय उद्योजकांत धाडसी वृत्ती, धोका पत्करायची तयारी कमी असल्याने अशा नव्या तंत्रज्ञानाच्या क्षेत्रात शिरण्याऐवजी ते जुन्या, पूर्वानुभव असलेल्या क्षेत्रांतच उद्योग काढणे पसंत करत असतील. तिसरे कारण हेही असेल की, दारिद्र्यामुळे अत्याधुनिक यंत्रणांसाठी आपल्या देशात फारशी मागणीच नसेल. ह्या किंवा अशासारख्या अनेक कारणांमुळे आतापर्यंत ह्या क्षेत्रात आपण फारशी प्रगती करू शकलो नाही आहोत. आता मात्र काही कारणांमुळे डोळे उघडल्यासारखे होऊन अमेरिका, जपान, पश्चिम युरोपियन राष्ट्रे आणि आपण ह्यांमध्ये ह्या तंत्रज्ञानात जी दरी निर्माण झाली आहे, ती कमी करण्याच्या दृष्टीने प्रयत्न होऊ लागले आहेत. मायक्रोइलेक्ट्रॉनिक्समध्ये आघाडीवर असलेल्या कंपन्यांच्या नावांकडे पाहिल्यास त्या अमेरिका, जपान, पश्चिम जर्मनी, फ्रान्स ह्या देशांतील आहेत हे ध्यानात येते. पण ह्या क्षेत्रात केवळ हेच देश आपल्या पुढे आहेत असे नाही; तर दक्षिण कोरिआ, सिंगापूर, हाँगकाँग हे देशही ह्या बाबतीत आपल्यापेक्षा प्रगत आहेत ह्या छोट्या राष्ट्रांना मायक्रोइलेक्ट्रॉनिक्समध्ये प्रगती करण्याला पाश्चिमात्य देशांतील कंपन्यांमुळे बरीच मदत झाली आहे. स्वस्त मजुरीमुळे ह्या कंपन्यांनी आग्नेय आशियातील ह्या देशांत मायक्रोइलेक्ट्रॉनिक्सचे

कारखाने काढले आणि त्यांमधून ह्या तंत्रज्ञानाने ह्या देशांत शिरकाव केला. भारताचे औद्योगिक धोरण वेगळे असल्याने आपल्याकडे अशा रीतीने ह्या तंत्रज्ञानाचा शिरकाव आतापर्यंत मोठ्या प्रमाणावर होऊ शकला नाही.

भारतात सध्या इंटिग्रेटेड सर्किट्स बनवणारे दोन प्रमुख कारखाने आहेत. त्यांमधील सेमीकंडक्टर कॉंप्लेक्स लिमिटेड (पंजाब) हा कारखाना चारच वर्षांपूर्वी सुरू झाला आणि थोड्याच दिवसात त्यामध्ये LSI चिप्सचे उत्पादन सुरू होईल. ह्या कारखान्याने LSI चिप्सचे तंत्रज्ञान मिळविण्यासाठी AMI ह्या नावाने ओळखल्या जाणाऱ्या एका अमेरिकन कंपनीशी सहकार्य केले आहे. भारतात तयार झालेले हे तंत्रज्ञान नसले तरी ह्या कारखान्याला चांगल्या प्रतीच्या IC चिप्स बनविण्यात यश आले, तर ती आपल्या सर्वांच्या दृष्टीने अभिमानाची गोष्ट ठरेल. भारत इलेक्ट्रॉनिक्स लिमिटेड ही बंगलोरची कंपनी हा IC चिप्स बनवणारा दुसरा प्रमुख कारखाना. ह्याची स्थापना सुमारे २० वर्षांपूर्वी झाली. हा कारखाना मुख्यतः भारतीय संरक्षक दलासाठी इलेक्ट्रॉनिक घटक आणि यंत्रणा तयार करीत असे. सध्या ह्या कारखान्यानेही काही आधुनिक IC चिप्स बनवण्यासाठी RCA ह्या अमेरिकन कंपनीशी सहकार्य केलेले आहे. परदेशी कंपन्यांशी तंत्रज्ञानासाठी सहकार्य केल्याने ते लवकर प्राप्त होत असले, तरी हळू हळू ते तंत्रज्ञान देशातल्या देशात विकसित करणे आवश्यक ठरेल. खाजगी क्षेत्रातही काही कारखाने आपण IC चिप्स बनवीत असल्याचा दावा करतात; परंतु त्यांमधील बहुतेकांकडे इंटिग्रेटेड् सर्किट्स् बनवण्यासाठी लागणाऱ्या सोयी नसतात व दुसरीकडे तयार झालेल्या चिप्सचे 'पॅकेजिंग' करणे एवढेच त्यांचे काम असते.

भारतातील काही प्रयोगशाळांत मायक्रोइलेक्ट्रॉनिक्समध्ये संशोधनकार्यही चालू आहे; परंतु ह्या संशोधनाला औद्योगिक क्षेत्राकडून अजून फारसा प्रतिसाद मिळालेला दिसत नाही. ह्या प्रयोगशाळांत मुंबईची टाटा इन्स्टिटयूट् ऑफ् फंडामेंटल रिसर्च, पिलानी (राजस्थान) येथील सेंट्रल इलेक्ट्रॉनिक्स इंजिनीअरिंग रिसर्च इन्स्टिटयूट, दिल्लीची सॉलिड स्टेट फिझिक्स लॅबॉरेटरी, बंगलोरच्या इंडियन टेलिफोन इंडस्ट्रीजचा संशोधनविभाग ह्या प्रमुख होत. शिक्षणक्षेत्रामध्ये मुंबई, दिल्ली, कानपूर, खरगपूर आणि मद्रास येथील आय्. आय्. टी.ज् मध्ये (इंडियन इन्स्टिटयूट ऑफ टेक्नॉलॉजी या संस्थांमध्ये) मायक्रोइलेक्ट्रॉनिक्ससाठी लागणाऱ्या प्रयोगशाळा आहेत आणि ह्या संस्थांमधील शिक्षणक्रमात मायक्रोइलेक्ट्रॉनिक्सशी संबंधित विषयही शिकवले जातात. मुंबई व दिल्लीच्या आय्. आय्. टी.ज्मध्ये इंटिग्रेटेड सर्किट इंजिनीअरिंगमध्ये पदव्युत्तर शिक्षणाचीही सोय आहे. भारतातील इतर कित्येक विद्यापीठांत देखील मायक्रोइलेक्ट्रॉनिक्समध्ये अभ्यासक्रम सुरू करण्याविषयी उत्साह दिसून येतो. परंतु पुरेशा पैशाअभावी तेथील संशोधनकार्यास विशेष गती आलेली नाही. एकंदरीत भारतातील सध्याचे मायक्रोइलेक्ट्रॉनिक्सविषयीचे चित्र फारसे उत्साहवर्धक नाही, असे म्हणावे लागते. येत्या काही वर्षांत हे चित्र पालटेल आणि प्रगत अवस्थेतील मायक्रोइलेक्ट्रॉनिक्सच्या तंत्रज्ञानाचा मोठ्या प्रमाणावर वापर सुरू होईल आणि त्यासाठी लागणारे संशोधनकार्य वेग घेईल, एवढी आशा व्यक्त करून मी हा लेख संपवतो.



अनुक्रमणिका

गणकयंत्र व भारत



ध. मा. ढमढेरे

सध्याचे युग 'गणकयंत्रांचे युग' म्हणून संबोधले जाते. विशेषतः १९८०–९० हा काळ म्हणजे गणकयंत्रांचे दशक म्हटले जाते. ही संबोधने प्रचारात येण्यामागे अर्थातच सबळ कारण आहेत; परंतु या कारणांची व्हावी तशी मीमांसा भारतामध्ये झाली नाही. लौकरच असा काळ येणार आहे की, जेव्हा ही कारणे व त्यांची मीमांसा आपण किती खोलवर जाऊन करू यावरच भारताचे औद्योगिक भवितव्य अवलंबून राहील.

गणकयंत्राचा शोध १९५० सालाअगोदरचा असला, तरी गणकयंत्रांचा उपयोग मोठ्या प्रमाणावर १९६०–१९७० या दशकात होऊ लागला. या काळातले गणकयंत्राचे उपयोग आपण पाहिले, तर त्यांचे स्वरूप कॉम्प्युटेशनपेक्षा (आकडेमोडीपेक्षा) इन्फर्मेशन प्रोसेसिंग (माहितीचे संस्करण वा परिवर्तन) असेच जास्त होते. त्यामुळे गणकयंत्र म्हणजे गणिते सोडविणारे यंत्र यापेक्षा माहिती गोळा करणारे किंवा छाननी करणारे यंत्र असा उपयोग जास्त प्रमाणावर होऊ लागला. बिझनेस डेटा प्रोसेसिंग (व्यावसायिक माहितीचे संस्करण) – ज्यायोगे कर्मचाऱ्यांचे पगार, इन्व्हेंटरी नियंत्रण म्हणजे एखाद्या कारखान्यात लागणाऱ्या कच्च्या मालाच्या साठ्यावर नियंत्रण ठेवणे अशा प्रकारच्या कामांसाठी गणकयंत्रांचा उपयोग होऊ लागला. यामुळे अशा प्रकारची कामे करण्याच्या पूर्वापार पद्धतींत आमूलाग्र बदल घडून आले. त्यामुळे या दशकाला औद्योगिक क्रांतीच्या धर्तीवर गणकयंत्रांची क्रांती किंवा इन्फर्मेशन रिव्होल्यूशन म्हणजे माहितीची छाननी करण्याच्या प्रक्रियेतील क्रांती असे म्हटले जाऊ लागले.

वरील माहितीच्या संदर्भात विचार करता एक प्रश्न स्वभावतःच उद्भवतो –तो म्हणजे आता सध्याच्या १९८०–९० च्या दशकात कोणते वेगळे बदल वा वेगळी क्रांती घडून येणार आहे ? या प्रश्नाचे साधे उत्तर हेच आहे की, गणकयंत्रांची 'माहितीचे परिवर्तन करणारे यंत्र' ही प्रतिमा बदलू पाहते आहे आणि त्याऐवजी एक जनरल प्रोसेसर (सर्वसामान्य संस्करणाचे यंत्र) ही प्रतिमा दृढ होऊ पाहत आहे. नवीन नवीन क्षेत्रांमध्ये गणकयंत्रांचा प्रवेश होऊ पाहत आहे आणि हे होण्याचे मुख्य कारण म्हणजे गणकयंत्रांच्या अत्यंत कमी झालेल्या व आणखी कमी होऊ पाहणाऱ्या किंमती हे होय. इलेक्ट्रॉनिक क्षेत्रातील नवीन शोधांमुळे गेल्या काही वर्षांत गणकयंत्रांच्या किंमती १०० : १ या प्रमाणात कमी झाल्या आहेत. त्यामुळे लौकरच गणकयंत्रे भारतातील घरांमध्ये प्रवेश करू लागतील, याबद्दल काहीच संशय नाही. त्याचबरोबर सार्वजनिक क्षेत्रांमध्येही– विशेषतः बँका, पोस्ट वगैरे ठिकाणी– त्यांचा उपयोग मोठ्या प्रमाणावर होऊ लागेल.

गणकयंत्र म्हणजे काय ? त्याचे कार्य कशा रीतीने चालते ? मूलतःच खूप वेगळ्या असणाऱ्या कार्यांसाठी त्याचा कसा काय उपयोग होऊ शकतो ? अशा प्रकारचे अनेक प्रश्न उद्भवतात. समाजामध्ये या प्रश्नांबद्दल बरेचसे अज्ञान व त्यामुळे निर्माण झालेले भय या गोष्टी मोठ्या प्रमाणावर पहावयास मिळतात. एका बाजूला गणकयंत्रांच्या उपयोगाने उद्भवणारी बेरोजगारी– विशेषतः या बेरोजगारीचा कामगार संघटनांनी उभा केलेला बागुलबुवा–व दुसऱ्या बाजूला विज्ञानकथांमधील गणकयंत्रांची अवास्तव प्रतिमा या गोष्टींमुळे सामान्य माणसाला या प्रश्नांबद्दल प्रथमतः भीती व फक्त भीतीच वाटते. पण जर येत्या काही वर्षांत गणकयंत्रांचा प्रसार होणे व तसा तो करणे हे आपल्या समाजाच्या व देशाच्या दृष्टीनेही फायद्याचे असेल, तर सामान्यांच्या मनातील भयगंड दूर करणे व गणकयंत्राचे फायदे त्यांना पटवून देणे यासाठी कोणीतरी, कोठेतरी प्रयत्न करणे आवश्यक आहे.

अनुक्रमणिका

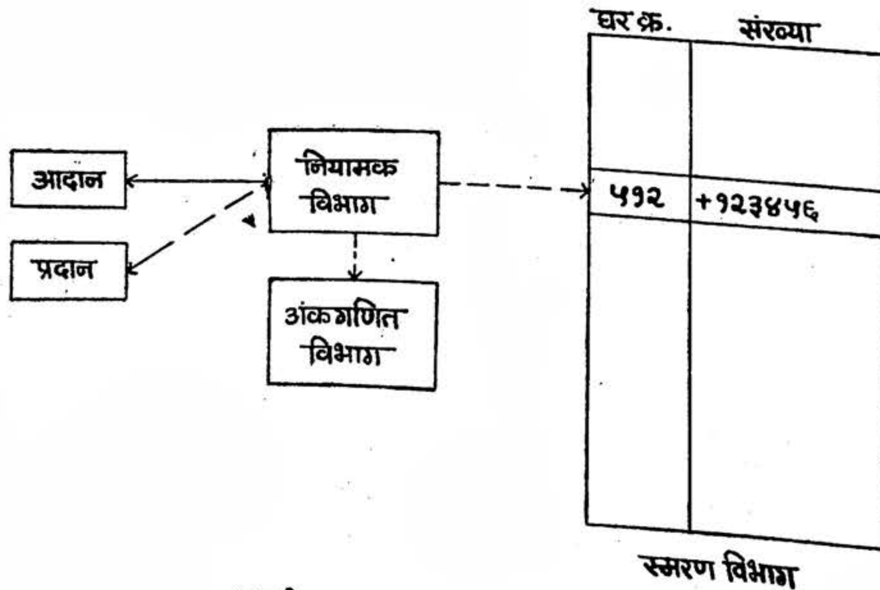
फायदे पटायचे तर त्यासाठी गणकयंत्रांच्या कार्यप्रणालीबाबत काही प्राथमिक माहिती, तसेच गणकयंत्राचा उपयोग करण्याच्या पद्धती यांबद्दलही माहिती असणे आवश्यक आहे. प्रस्तुत लेखाचा उद्देश हाच आहे.

या लेखाच्या दुसऱ्या भागात गणकयंत्रांची रचना व त्यांचे कार्य यांबद्दल माहिती दिली आहे. गणकयंत्रांचे प्रकार व त्यांची उत्क्रांती यांचाही यात समावेश आहे. तिसऱ्या भागात गणकयंत्रांचा उपयोग करण्याची पद्धती व चौथ्या भागात त्यांचे अनेकविध उपयोग दिलेले आहेत. शेवटच्या भागात भारतामध्ये होत असलेल्या व होऊ घातलेल्या गणकयंत्रांच्या क्रांतीबद्दल ऊहापोह आहे. ही क्रांती यशस्वी करण्यासाठी एक मोठे शैक्षणिक आव्हान आपल्याला स्वीकारावे लागणार आहे. त्याचे स्वरूप या भागांत विशद केले आहे.

गणकयंत्राची रचना व कार्य

गणकयंत्र म्हणजे काय ह्या प्रश्नाचे उत्तर आपण अद्याप पाहिलेले नाही. प्रत्येक मनुष्य गणकयंत्राची व्याख्या वेगळी करण्याचा संभव आहे. याची दोन कारणे उद्भवतात. विज्ञानकथांमध्ये म्हटलेले सर्वच सत्य असे समजले, तर अर्थातच गणकयंत्र म्हणजे काहीतरी विलक्षण, मानवनिर्मित पण अतिमानवी असे काहीतरी असल्याचा ग्रह होतो. ज्यांना अशा कथांमधील अतिशयोक्तीचा भाग जाणवतो आणि ज्यांना स्वतःचा काही अनुभव आहे त्यांनी केलेली व्याख्या अर्थातच वेगळी असणार. गणकयंत्रांचे अनेक उपयोग आजकाल आपल्या कानावर येत असल्याने प्रत्येकाला जाणवणारी गणकयंत्राची क्षमता व झेप वेगळी असण्याची साहजिकच शक्यता आहे. पण यांमुळेच असा प्रश्न निर्माण होतो की, वास्तव-अवास्तवाचा भाग सोडला तर गणतयंत्रे इतकी, वेगवेगळी कामे कशी काय करू शकतात? एकच गणकयंत्र एकापेक्षा जास्त क्षेत्रांत वापरता येऊ शकते काय? असल्यास तें कसे व नसल्यास कां नाही? या प्रश्नांची उत्तरे शोधण्यासाठी आपण गणकयंत्रांच्या कार्यातील काही समान घटक आधी बघूया व त्यानंतर त्यांच्या रचनेकडे एक दृष्टिक्षेप टाकून हे घटक कसे एकत्र कार्य करतात हे बघूया.

सर्व गणकयंत्रांमध्ये आपल्याला पुढील घटक दिसून येतात : १) बेरीज, वजाबाकी वगैरे गणितातील कृत्यांचे सर्वसाधारण नियम वापरण्याची क्षमता, २) माहिती साठवून ठेवण्याची क्षमता (स्मरण, मेमरी), ३) वेगवेगळे नियम व रीती पाळण्याची क्षमता (कार्यक्रमण क्षसता, प्रोग्रॅमें-



आकृती क्र. १ : गणकयंत्राची रचना व घटक

बिलिटी); ४) नियम पाळण्यातील वेग (एका सेकंदात ५०,००० ते १००,००,००० बेरजा होऊ शकतात.)

आकृती १ मध्ये गणकयंत्राची सर्वसाधारण रचना दाखवली आहे. गणकयंत्राच्या स्मरणविभागात एका वेळेस अनेक संख्या साठवता येऊ शकतात. एक आँकडा स्मरणविभागीच्या एका घरात अशी त्याची रचना असते. स्मरणविभागातल्या घरांना एखाद्या शहरातल्या घरांप्रमाणे क्रमांक दिलेले असतात. त्यायोगे कोणतीही संख्या पाहिजे त्याप्रमाणे वाचता येते; तसेच एखादी नवीन संख्या पाहिजे त्या घरात लिहिता येते. आ. १ मध्ये घर क्र. ५१२ त +१२३४५६ ही संख्या ठेवल्याचे दाखवले आहे. अंकगणितविभागामध्ये (अरिथमेटिक युनिटमध्ये) गणिते सोडवण्याची क्षमता असते. ज्या दोन संख्यांवर गणितातील नियम वापरावयाचे असतील त्या संख्या प्रथम अंकगणितविभागात आणून योग्य ती आज्ञा या विभागाला दिल्यावर गणिती नियम लागू होऊन त्याचे उत्तर त्या अंकगणितविभागातल्या एका विशिष्ट जागी साठविले जाते. हे उत्तर गणिताच्या पुढच्या पायरीत वापरता येऊ शकते. ज्या संख्यांवर गणिती प्रक्रिया करावयाची असेल, त्या संख्या आदानाद्वारे वा निवेशाद्वारे (इनपुटद्वारे) स्मरणविभागाच्या हवाली करता येतात. उत्तरे प्रदानाद्वारे (आउटपुटद्वारे) छापून वापरणाऱ्याच्या हवाली करता येऊ शकतात. आदान आणि प्रदान यांसाठी सहसा छिद्रितपत्र (पंचड कार्ड) किंवा चुंबकीय फिती (टेप्स्) वापरल्या जातात. आजकाल अर्थात बऱ्याच वेळेस टर्मिनल (फल-दर्शक) वापरले जाते, ज्यायोगे पाहिजे त्या संख्या व उत्तरे टर्मिनलच्या टीव्हीसारख्या दिसणाऱ्या पडद्यावर दिसू शकतात.

गणकयंत्राचे सर्व कामकाज त्याच्या कंट्रोल (नियामक) विभागाकडून घडवले जाते. जे नियम वापरून एखादे गणित सोडवायचे असेल, ते सर्व नियम कंट्रोल विभागाकडून कारवाईसाठी योग्य त्या विभागाकडे पाठविले जातात. जेव्हा त्या नियमांची अंमलबजावणी पूर्ण होते, तेव्हा तो विभाग कंट्रोलविभागाला तशा अर्थाचा संदेश पाठवितो. असा संदेश आल्यावर कंट्रोलविभाग पुढचा नियम अंमलबजावणीसाठी हाती घेतो. अशाप्रकारे एकापाठोपाठ सर्व नियम वापरून पाहिजे तसे उत्तर मिळवले जाते. अंमलबजावणीसाठी हे सर्व नियम एका विशिष्ट प्रकारे लिहावे लागतात. त्याला प्रोग्रॅम (कार्यक्रमण, आज्ञावली) असे म्हणतात. आकृती २ मध्ये एक प्रोग्रॅम दाखविला आहे. हा प्रोग्रॅम तीन आकडे वाचून त्यांची बेरीज छापतो. पहिले तीन नियम तीन आकडे वाचून ते स्मरणविभागाच्या तीन घरांमध्ये ठेवून देतात. या घरांचे क्रमांक आहेत १००, १०१ व १०२. त्यानंतर हे तीन आकडे अंकगणितविभागात नेऊन त्यांची बेरीज केली जाते (नियम क्रमांक ४ ते ६). नियम क्र. ७ द्वारे त्यांचे उत्तर स्मरणविभागाच्या १०३ व्या घरात ठेवले जाते. त्यानंतर ते उत्तर छापण्यासाठी प्रदानाकडे देऊन प्रोग्रॅमचे कार्य संपते. प्रोग्रॅम-

---

नियम क्र.

१) पहिली संख्या वाचून घर क्र. १०० मध्ये ठेवून द्यावी.

२) दुसरी संख्या वाचून घर क्र. १०१ मध्ये ठेवून द्यावी.

३) तिसरी संख्या वाचून घर क्र. १०२ मध्ये ठेवून द्यावी.

४) घर क्र. १०० मधली संख्या अंकगणितविभागाकडे पाठवावी.

५) घर क्र. १०१ मधली संख्या अंकगणितविभागातल्या संख्येत मिळवावी (उत्तर अंकगणितविभागातच साठवून ठेवावे).

६) घर क्र. १०२ मधली संख्या अंकगणितविभागातल्या संख्येत मिळवावी (उत्तर अंकगणितविभागातच साठवून ठेवावे).

७) अंकगणितविभागातली संख्या घर क्र. १०३ मध्ये ठेवावी.

८) घर क्र. १०३ मधली संख्या प्रदानाद्वारे छापावी.

९) काम संपले. थांबा.

आकृती क्र. २ : एक प्रोग्रॅम

मधील सर्व नियम जरी येथे शब्दांमध्ये लिहिले असले, तरी गणकयंत्राच्या कार्यासाठी ते एका विशिष्ट पद्धतीने आकड्यांमध्ये लिहावे लागतात (आकृती क्र. ३ मध्ये पहा). अशा प्रकारे लिहिलेल्या प्रोग्रॅमला ' गणकयंत्राच्या भाषेतील प्रोग्रॅम ' (मशीन लँग्वेज प्रोग्रॅम) असे म्हणतात हा प्रोग्रॅम गणकयंत्राच्याच एका वेगळ्या स्मरणविभागात —ज्याला प्रोग्रॅम-स्मरण (मेमरी) म्हणतात—साठवून ठेवावा लागतो.

साध्या अंकगणिताच्या नियमांखेरीज गणकयंत्र काही निर्णयनियमदेखील पाळू शकते. एक सर्वसाधारण आणि सोपा निर्णयनियम म्हणजे दोन संख्यांची तुलना करून त्यांपैकी कोणती संख्या मोठी आहे, हे ठरविणे. आकृती क्र. ४ मध्ये अशा निर्णयानियमाद्वारे दिलेल्या दोन रकमांतील मोठी रक्कम शोधण्यासाठी वापरता येणारा एक प्रोग्रॅम दिला आहे.

अक्षरात लिहिलेली माहिती (अल्फाबिटिकल इन्फर्मेशन) साठवण्यासाठी प्रत्येक अक्षराला संकेत (कोड) क्रमांक देण्याची पद्धत आहे. याद्वारे एखादे नाव एखाद्या संख्येच्या स्वरूपात लिहिता येते. समजा ५१ म्हणजे A, ५२ म्हणजे B असे ... ७६ म्हणजे

नियम क्र.	आज्ञा	घर क्र.	
१	+ ०९	१००	पहिली संख्या, घर क्र. १०० मध्ये ठेवावी.
२	+ ०९	१०१	दुसरी १०१ मध्ये ठेवावी.
३	+ ०९	१०२	तिसरी १०२ मध्ये ठेवावी.
४	+ ०४	१००	पहिली संख्या अंकगणितविभागात न्यावी
५	+ ०१	१०१	दुसरी संख्या त्यात मिळवावी.
६	+ ०१	१०२	तिसरी संख्या त्यात मिळवावी.
७	+ ०५	१०३	उत्तर घर क्र. १०३ मध्ये ठेवावे.
८	+ १०	१०३	उत्तर छापावे.
९	+ ००	०००	थांबा.

आकृती क्र. ३ : यंत्रभाषा (मशीन लँग्वेज) प्रोग्रॅम

नियम क्र.	आज्ञा	घर क्र.	
१	+ ०९	२००	पहिली संख्या घर क्र. २०० मध्ये ठेवावी.
२	+ ०९	२०१	दुसरी संख्या घर क्र. २०१ मध्ये ठेवावी.
३	+ ०४	२००	पहिली संख्या अंकगणितविभागाकडे.
४	+ ०२	२०१	दुसरी संख्या त्यातून वजा करावी.
५	+ ०७	००९	उत्तर शून्यापेक्षा लहान असल्यास नियम क्र. ००९ हा पाळावा.
६	+ ०४	२००	पहिली संख्या उत्तराच्या घरात ठेवावी.
७	+ ०५	२०२	
८	+ ००	०००	
९	+ ०४	२०१	दुसरी संख्या उत्तराच्या घरात ठेवावी.
१०	+ ०५	२०२	
११	+ ००	०००	

आकृती क्र. ४ :
दोन संख्यांमधील मोठी संख्या ओळखणे (उत्तर घर क्र. २०२ मध्ये ठेवले जाते).

अनुक्रमणिका

Z पर्यंत कोड-क्रमांक दिले तर COMPUTER हा शब्द खालील संख्येद्वारे साठवता येईल.

५३	६५	६३	६६	७१	७०	५५	६८
C	O	M	P	U	T	E	R

अशा रीतीने व्यक्तींची नावे, पत्ते वगैरेदेखील स्मरणविभागात साठवता येऊ शकतात.

थोड्याफार फरकाने सर्व गणकयंत्रांचे कार्य वर सांगितल्याप्रमाणेच चालते. एक महत्त्वाचा प्रश्न आता अगदी स्वाभाविकपणेच उद्भवतो. गणकयंत्रांची रचना जर खरेच इतकी सोपी असली, तर गणकयंत्रे अनेकविध व खूप कठीण अशी कामगिरी कशी काय पार पाडू शकतात ? या प्रश्नाचे उत्तर आपण दोन भागांमध्ये पाहू. पहिले म्हणजे एकच गणकयंत्र अनेक प्रकारची कामे कशी काय करू शकते, याचे उत्तर अगदी सोपे आहे. आपण वर पाहिल्याप्रमाणे प्रोग्रॅममध्ये दिलेल्या नियमांद्वारेच गणकयंत्राचे काम चालते. जर प्रोग्रॅम बदलला तर अर्थातच वेगळी कामगिरी गणकमंत्र पार पाडू शकेल. आणि प्रोग्रॅम हा काही गणकयंत्राचा अविभाज्य भाग नाही. प्रोग्रॅम-स्मरणा (मेमरी) मध्ये आपण जे साठवू तो प्रोग्रॅम. त्यामुळे प्रोग्रॅम बदलणे अगदी सोपे असते. गणकयंत्राला एक व्यापक हेतू साध्य करणारे साधन म्हटले जाते ते एवढ्यासाठीच. थोडक्यात म्हणजे प्रोग्रॅमच गणकयंत्राचे रूप ठरवितो. प्रोग्रॅम बदलला की रूप बदलले !

दुसरा प्रश्न म्हणजे कठीण प्रकारचे निर्णय गणकयंत्राकडून कसे घेववले जाऊ शकतात ? आपण ऐकतो की गणकयंत्राने कारखाना कोठल्या शहरात उभारावा हे ठरविले किंवा चांद्रयान कोठे उतरवावे ते ठरविले जाते. हे खरोखर कसे घडत असेल, याचे उत्तर एवढेच की, कितीही मोठा निर्णय असला, तरी खरे म्हणजे तो अनेक छोट्या छोट्या निर्णयांवरच अवलंबून असतो. हे निर्णय आणखी छोट्या निर्णयाचे बनलेले असतात... असे होत होत अखेर अत्यंत छोटे निर्णयच आपल्याला कामी येतात. दोन संख्यांपैकी मोठी संख्या कोणती हा निर्णयच आपल्याला शंभर संख्यांपैकी मोठी संख्या निवडायला व सर्व संख्या चढत्या वा उतरत्या मांडणीत मांडायला मदत करतो. कारखाना उभारायला लागणारा खर्च हा असाच अनेक लहान गोष्टींच्या खर्चावरून ठरतो व खर्च आणि फायदे यांचे गणित मांडून कोठल्या शहरात फायदे जास्त आहेत हे ठरविणे तसे साधे व सरळ आहे. अशा रीतीने अत्यंत साध्या प्रकारच्या निर्णयनियमांच्या वापराने मोठे निर्णय सहजपणे घेता येऊ शकतात. इलेक्ट्रॉनिक्सच्या घसरत्या किंमतीमुळे स्मरणविभागाची क्षमता मोठी करणे आजकाल शक्य झाले आहे. मोठे व गुंतागुंतीचे निर्णय घ्यायला ह्या गोष्टीचा खचितच उपयोग होतो.

२ (अ) गणकयंत्रांची उत्क्रांती

गेल्या ३० वर्षांमध्ये गणकयंत्रांमध्ये खूपच सुधारणा घडून आली आहे. याचे मुख्य कारण म्हणजे इलेक्ट्रॉनिक क्षेत्रामध्ये नवनवे शोध लागले. या शोधांमुळे दोन प्रकारच्या गोष्टी घडून आल्या—किंमतींमधील उतार व इलेक्ट्रॉनिक भागांच्या वेगांमध्ये होत गेलेली प्रगती. प्रत्येक इलेक्ट्रॉनिक शोधामुळे गणकयंत्रांच्या क्षमतेत सुधारणा करणे त्यामुळे सहज शक्य झाले. या सुधारणांमधील प्रत्येक महत्त्वाच्या टप्प्याला गणकयंत्रांची एक पिढी (जनरेशन) असे संबोधले जाते. सध्या वापरात असलेल्या गणकयंत्रांची सर्वांत प्रगत पिढी म्हणजे चौथी पिढी आहे. शास्त्रज्ञ सध्या पाचव्या पिढीच्या गणकयंत्रांची रचना कशी असावी, याबद्दल ऊहापोह करीत आहेत. आकृती क्र. ५ मध्ये गणकयंत्रांच्या पिढ्या, त्यांमध्ये वापरलेले इलेक्ट्रॉनिक तत्त्व व गणकयंत्रांच्या क्षमता यांचा तक्ता दिला आहे.

तिसऱ्या व चौथ्या पिढीत मुख्य फरक किंमतीच्या दृष्टीने पडला. सूक्ष्मसंस्करणकारक (मायक्रोप्रोसेसर) या अत्यंत लहान आकाराच्या व अत्यंत कमी किंमतीच्या छोट्या गणकयंत्रांची रचना याच काळातील आहे. त्याची क्षमता साधारण तिसऱ्या पिढीतल्या गणकयंत्राइतकी असली, तरी किंमत साधारणतः शंभर पटींनी कमी आहे आणि या फरकामुळेच गणकयंत्रांच्या क्षेत्रात उपयोगाच्या दृष्टीने मोठी क्रांती घडून आली. त्याचा विचार आपण पुढच्या भागात करणार आहोत.

गणकयंत्रांच्या पिढ्यांचे वर्गीकरण मुख्यतः त्यांच्या इलेक्ट्रॉनिक तत्त्वांच्या आधाराने केले

पिढी	उत्क्रांतीचे वर्ष	इलेक्ट्रॉनिक तत्त्व	टिप्पणी
पहिली	१९५०	इलेक्ट्रॉनिक व्हॉल्व्हज्	आकाराने मोठे वेग– सेकंदाला ३ ते ५ हजार नियम. स्मरणक्षमता– २०,००० संख्यांपर्यंत
दुसरी	१९६०	ट्रान्झिस्टरचा वापर	आकाराने लहान वेग– १,००,००० पर्यंत स्मरणक्षमता– १,००,००० संख्यांची
तिसरी	१९६५–७०	लहान प्रमाणातील समाकलन (स्मॉल स्केल इंटिग्रेशन)	आकार– खूप लहान वेग– १०,००,००० पर्यंत स्मरण– १०,००,००० पर्यंत
चौथी	१९७५	मोठ्या प्रमाणातील समाकलन (लार्ज स्केल इंटिग्रेशन)	आकार– खूपच लहान वेग– ४०,००,००० पर्यंत स्मरण– १०,००,००० पर्यंत

आकृती क्र. ५ : गणकयंत्रांच्या पिढ्या व क्षमता

आहे. त्याखेरीज एक वर्गीकरण त्यांच्या उपयोगाच्या दृष्टीने करता येते. यामध्ये त्यांच्या क्षमतेचा विचार प्रमुख असतो. हे वर्गीकरण असे :

अ) मेनफ्रेम कॉम्प्युटर (मोठी गणकयंत्रे) : अशा गणकयंत्रांची क्षमता व वेगही आकृती क्र. ५ मधल्या पिढ्यांच्या वर्गीकरणाच्या दृष्टीने तिसऱ्या व चौथ्या पिढ्यांशी मिळतीजुळती असतात. यांचा उपयोग प्रामुख्याने संशोधनात किंवा जेथे वेग अत्यंत महत्त्वाचा आहे, अशा प्रदत्त संस्करणामध्ये (डाटा प्रोसेसिंगमध्ये) होतो. अनेकविध कामे त्यांच्याकडून करून घेतली जातात.

आ) मिनी कॉम्प्युटर (छोटी गणकयंत्रे) : यांची क्षमता व वेग ही दोन्ही मर्यादित असतात. तुलनेने किंमत (अ) वर्गाच्या गणकयंत्रापेक्षा खूपच कमी असते. एखाद्या विशिष्ट प्रकारच्या कामासाठी (डेडिकेटेड यूज) त्यांचा उपयोग केला जातो.

इ) मायक्रोकॉम्प्युटर (अत्यंत छोटी गणकयंत्रे): यांची क्षमता, वेग व किंमत खूपच कमी असते. अत्यंत छोट्या प्रमाणावरील उद्योगसंस्थांमध्ये व छोट्या व्यावसायिकांमध्ये त्यांचा उपयोग करण्याचा कल दिसून येतो. पर्सनल कॉम्प्युटर (व्यक्तिगत गणकयंत्र) हे त्याचेच एक महत्त्वाचे रूप आहे.

गणकयंत्रांचा वापर– सॉफ्टवेअरची उत्क्रांती

मागच्या विभागात गणकयंत्रांचा उपयोग मशीन लँग्वेज मध्ये प्रोग्रॅम लिहून करता येतो, हे आपण पाहिले; परंतु असे प्रोग्रॅम लिहिणे हे फार जिकीरीचे काम आहे. कारण जे संस्करण आपल्याला करावयाचे असेल त्याचे पृथ:करण करून त्यातील प्रत्येक लहान कृती गणकयंत्राच्या नियमानुसार लिहावी लागेल. याला खूप वेळ लागणार आणि दुसरे म्हणजे असे प्रोग्रॅम तयार करताना त्यात चुका होण्याचा संभव खूप राहणार. ह्या दोन्ही गोष्टी गणकयंत्रांच्या काही वर्षांच्या उपयोगाने शास्त्रज्ञांच्या लक्षात आल्यावाचून राहिल्या नाहीत. गेल्या तीस वर्षांमध्ये गणकयंत्राचा उपयोग करण्यामध्ये देखील बरीच उत्क्रांती झाली आहे, ज्यायोगे हे दोन्ही प्रश्न आजकालच्या दिवसात आपल्याला भेडसावत नाहीत.

या उत्क्रांतीचा परामर्श घेण्यासाठी आपण प्रथम दोन नवीन व्याख्या आत्मसात केल्या पाहिजेत. त्या म्हणजे हार्डवेअर (गणकयंत्राचे संरचनात्मक भाग) व सॉफ्टवेअर (कार्यकारण संच). गणकयंत्र म्हणजे प्रामुख्याने इलेक्ट्रॉनिक मंडले (सर्किटे) व इतर यांत्रिक भाग यांनी मिळून तयार झालेली

अनुक्रमणिका

एक प्रणाली (सिस्टिम). या आधी आपण गणकयंत्राच्या रचनेचे वर्णन केले आहे. ही रचना प्रत्यक्षात आणण्यासाठी इलेक्ट्रॉनिकी व यांत्रिक (मेकॅनिकल) भाग वापरले जातात. या सर्वांना गणकयंत्राची हार्डवेअर म्हटले जाते. ह्या हार्डवेअरकडून पाहिजे ते काम करून घेण्यासाठी प्रोग्रॅम लिहिण्याची गरज असते. असे एक वा अनेक प्रोग्रॅम म्हणजे गणकयंत्राची सॉफ्टवेअर. दोन संख्यांमधील मोठी संख्या निवडण्यासाठी लिहिलेला आपला प्रोग्रॅम (आ. ४) म्हणजे देखील सॉफ्टवेअरच होय.

थोडक्यात म्हणजे गणकयंत्राचा उपयोग करण्यासाठी योग्य ती सॉफ्टवेअर तयार करायला पाहिजे. सॉफ्टवेअरच्या उत्क्रांतीतील खालील टप्पे महत्त्वाचे मानले जातात.

यंत्रभाषा कार्यक्रमण (मशीन लॅंग्वेज प्रोग्रॅमिंग)

(गणकयंत्राच्या भाषेत लिहिलेले प्रोग्रॅम्स). आकृती ३ मध्ये आपण अशा एका प्रोग्रॅमबद्दल पाहिले होते. या प्रोग्रॅममध्ये प्रोग्रॅममधील नियम आकड्यांद्वारे गणकयंत्राला कळवावे लागतात. तसेच ज्या संख्यांना हे नियम लागू होतील त्या संख्या आधी स्मरण विभागामध्ये ठेवून त्यांचे घरक्रमांक या नियमांमध्ये वापरावे लागते. उदाहरणार्थ, +०१ २१२ चा अर्थ असा असू शकेल : ' ०१ ' म्हणजे बेरीज करण्याचा नियम हा घर क्रमांक २१२ मध्ये असलेल्या व अंकगणितविभागात आधी लिहून ठेवलेल्या अशा दोन संख्यांना लागू करायचा आहे. प्रोग्रॅम्स अशा रीतीने लिहिणे हे अत्यंत जिकिरीचे काम आहे. याला वेळ अर्थातच खूप लागतो. त्याचबरोबर याच्यात चुका होण्याचा संभवही खूपच मोठा असतो. हे असे असणे साहजिकच आहे; कारण मनुष्य जेव्हा अत्यंत नैसर्गिक रीत्या काम करतो तेव्हा त्या कामाची प्रत व करणाऱ्याची कार्यक्षमता निश्चितच उच्च प्रतीच्या असू शकतात. जेव्हा एखादे काम अत्यंत कृत्रिम अशा रीतीने करावे लागते, जेव्हा त्या कामाचा दर्जा व करणाऱ्याची कार्यक्षमता दोन्हीही घसरतात.

या अशा कृत्रिम रीतीचा वापर कोणे एके काळी (१९५० ते ६० च्या दरम्यान) होण्याचे मुख्य कारण म्हणजे त्या काळात असलेली गणकयंत्राची जबर किंमत व एकंदरच गणकयंत्र–शास्त्राची उत्क्रांतीच्या प्रारंभीची अवस्था. गणकयंत्रे वापरणे महागाचे असल्याने व तुलनेने प्रोग्रॅमिंगसाठी लागणारा मानवी वेळ स्वस्त असल्याने मशीन लॅंग्वेजचा उपयोग एकंदर फायद्याचा पडत असे. हे प्रोग्रॅम्स गणकयंत्र खूपच झपाट्याने पार पाडू शकत असल्याने " वेग " हे या प्रकारच्या प्रोग्रॅम्सचे दुसरे वैशिष्ट्य म्हणता येईल. गेल्या काही वर्षांतील इलेक्ट्रॉनिकीच्या अनेक नवीन शोधांमुळे गणकयंत्राच्या किंमती खूपच घसरल्या व त्याचबरोबर मानवी वेळाची किंमत वाढली, त्यामुळे आजकालच्या जगात मशीन लॅंग्वेजचा उपयोग फारच कमी स्वरूपात होतो. जेव्हा एखादी गोष्ट अत्यंत वेगाने पार पाडण्याची गरज भासते तेव्हा अजूनही मशीन लॅंग्वेजचा उपयोग केला जातो. ज्यांना रिअल टाइम (सत्काल) म्हणता येईल अशा अवकाशग्रहाशी संबंधित वा प्रोसेस कंट्रोलशी संबंधित असलेल्या काही गोष्टींमध्ये मर्यादित स्वरूपात याचा वापर दिसतो.

उच्च भाषा कार्यक्रमण (हायर लॅंग्वेज प्रोग्रॅमिंग) म्हणजे (गणकयंत्रापेक्षा) उच्चस्तरीय भाषेत केलेले प्रोग्रॅमिंग. मशीन लॅंग्वेजचा मुख्य दोष म्हणजे ती गणकयंत्राची भाषा मानवी बुद्धीच्या दृष्टीने पाहता अत्यंत कृत्रिम आहे. त्यामुळे एखाद्या गोष्टीसाठी प्रोग्रॅम लिहिताना मानवी विचारपद्धतीपेक्षा फार वेगळ्या प्रकारचा विचार करावा लागतो. यात जास्त वेळ खर्च होऊन शिवाय चुका राहून जाण्याची शक्यता असते. त्यामुळे मानवी विचारक्षमतेशी जवळीक सांगणारी एखादी भाषा वापरण्याची गरज निर्माण झाली. मानवी भाषा प्रोग्रॅमिंगसाठी वापरता येईल का, असाही विचार १९६० च्या आसपास होऊ लागला. त्या वेळी शास्त्रज्ञांच्या लक्षात आले की, मानवी भाषा या दृष्टीने उपयोगाची नाही. कारण मानवी भाषेत सांगितलेल्या रीतीचा स्पष्ट व सुसंगतपणे अर्थ लावणे हे बरेच कठीण काम आहे. कधी कधी भाषेत मोघमपणा असतो. दुसऱ्या कोणीतरी सांगितलेला पत्ता शोधणे वा दुसऱ्याने दिलेल्या पाककृतिनुरूप चांगला पदार्थ बनवणे या दोन गोष्टींतील अडचणी

आपल्या सर्वांच्या परिचयाच्या आहेत. तसेच कधी कधी एखाद्या शब्दाचे वा वाक्याचे अनेक अर्थ निघू शकतात. यामुळे मानवी भाषा वापरता येऊ शकत नाहीत. मानवी भाषांशी खूप जवळीक सांगणारी परंतु खूप जास्त बंदिस्त व्याकरण व मर्यादित शब्द-सामर्थ्य असणारी प्रोग्रॅमिंगची भाषा म्हणजे 'उच्च' प्रोग्रॅमिंग भाषा होय. अशा एका भाषेमध्ये लिहिलेला दोन संख्यांमधील मोठी संख्या निवडणारा प्रोग्रॅम खाली दिला आहे.

```
READ  A, B
IF  A ⩽ B  THEN  RESULT = A
               ELSE  RESULT = B
PRINT RESULT
STOP
```

हा प्रोग्रॅम मानवी विचारसरणीशी इतका मिळता जुळता आहे की, त्याबद्दल काही स्पष्टीकरण देण्याची गरज नाही. असे प्रोग्रॅम्स सुलभतेने लिहिता येऊ शकतात. कृत्रिमतेचा जवळपास पूर्ण अभाव असल्याने चुका राहून जाण्याची शक्यताही खूपच कमी असते. या 'उच्च' भाषा सार्वत्रिक (युनिव्हर्सल) अशा असल्याने कोणच्याही प्रकारच्या उपयोगासाठी त्या वापरता येऊ शकतात; परंतु मर्यादित सामर्थ्यामुळे एखादी 'उच्च' भाषा एखाद्या उपयोगासाठी अत्यंत योग्य तर दुसऱ्या एखाद्या उपयोगासाठी थोडीफार कृत्रिम ठरण्याची शक्यता असते. त्यामुळे अनेक 'उच्च' भाषा तयार करण्यात आल्या. आजकाल प्रचलित असलेल्या काही भाषा अशा आहेत:

१) शास्त्रीय वापरासाठी:– यात गणिते सोडवण्यावर भर दिलेला असतो. Fortran, Pascal व Basic या काही महत्त्वाच्या भाषा.

२) प्रदत्त संस्करणासाठी (डाटा प्रोसेसिंगसाठी) Cobol, Basic.

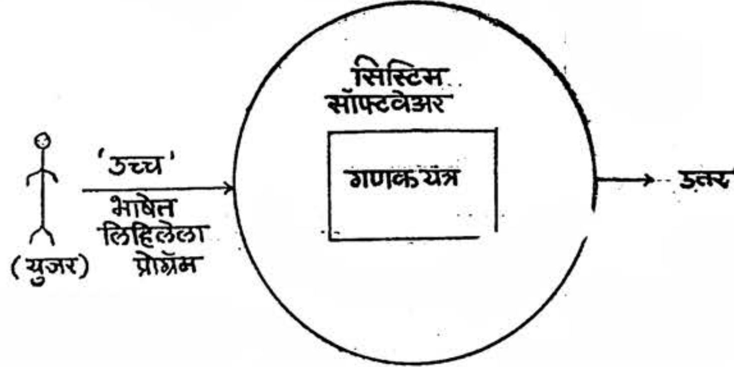
जेव्हा आपण अशा 'उच्च' भाषांच्या वापराचा विचार करतो, तेव्हा एक प्रश्न अत्यंत साहजिकपणे आपल्या मनात येईल– तो म्हणजे या भाषा गणकयंत्राला कशा काय समजतात? गणकयंत्राला फक्त मशीन लँग्वेजच समजू शकते. त्याला 'उच्च' भाषा समजावी म्हणून 'उच्च' भाषेतील प्रत्येक नियमाचा एक वा अनेक गणकयंत्रांच्या नियमांमध्ये अनुवाद करण्यात येतो व हा अनुवादित प्रोग्रॅम गणकयंत्राद्वारे पार पाडला जातो. यासाठी हार्डवेअरचा वापर न करता सॉफ्टवेअरचा वापर केला जातो (याचे मुख्य कारण म्हणजे कमी खर्च). याचा अर्थ असा: एक प्रोग्रॅम वापरला जातो की, जो एक 'उच्च' भाषेतील प्रोग्रॅम मशीन लँग्वेजमध्ये अनुवादित करतो. हा प्रोग्रॅम सिस्टिम सॉफ्टवेअरमधील एखाद्या तज्ज्ञाकडून लिहून घेतला जातो. गणकयंत्राचा उपयोग करू पाहणाऱ्या माणसाला म्हणजे यूजरला हा प्रोग्रॅम लिहिण्याची गरज नसते. एवढेच नव्हे तर अशीदेखील सोय केलेली असते की जर युजरने 'उच्च' भाषेतील प्रोग्रॅम गणकयंत्राकडे सुपूर्त केला, तर आपोआपच अनुवाद करणारा प्रोग्रॅम वापरला जाऊन एक मशीन लँग्वेजमधील प्रोग्रॅम तयार होतो व गणकयंत्राद्वारे पार पाडला जातो. युजरला या सर्व प्रक्रियेसाठी काहीच करावे लागत नाही किंबहुना अशी काही प्रक्रिया केली जात आहे अशी त्याला जाणीवही असायची गरज नाही. त्याच्या दृष्टीने गणकयंत्र जणू 'उच्च' भाषा समजून त्याप्रमाणे वागत आहे. आकृती क्र. ६ मध्ये हीच गोष्ट दाखविली आहे.

वर सांगितलेल्या फायद्यांमुळे गणकयंत्रांचा उपयोग करण्याची ही पद्धत एवढी रूढ होऊन गेली आहे की, गणकयंत्राचा उपयोग करण्यासाठी सॉफ्टवेअरची गरज आता वेगळी सांगावी लागत नाही. म्हणजेच युजरच्या दृष्टीने गणकयंत्र आकृती क्र. ७ मध्ये दाखविल्याप्रमाणे वापरले जाते.

उच्च भाषांचा वापर करण्याचा एक महत्त्वाचा उपयोग म्हणजे कोणत्याही गणकयंत्राचा वापर करण्याचे स्वातंत्र्य जेव्हा एखादा प्रोग्रॅम मशीन लँग्वेजमध्ये लिहिला जातो तेव्हा तो एखाद्या विशिष्ट गणकयंत्रापुरताच मर्यादित ठरतो. कारण प्रत्येक गणकयंत्राची मशीन लँग्वेज ही वेगळी वेगळी असते. त्यामुळे समजा एक गणकयंत्र बदलून दुसरे (कदाचित मोठे) बसवायची वेळ आली तर असे प्रोग्रॅम्स पुन्हा लिहिण्याची वेळ येते, किंवा जर हे होऊ द्यायचे नसेल तर गणकयंत्र बदलण्यावर बंधन पडते. गणकयंत्रांच्या सर्व मुख्य कंपन्या आजकाल प्रचलित असलेल्या सर्व 'उच्च' भाषांची सॉफ्टवेअर







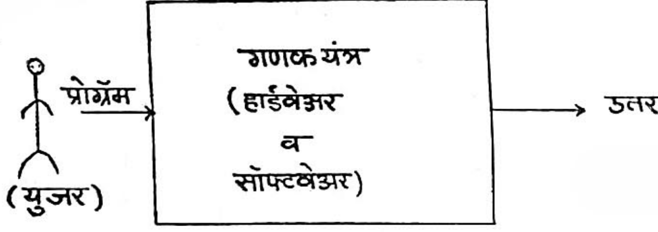
आकृती क्र. ६ : सिस्टिम सॉफ्टवेअर वापरून प्रोग्रॅमिंग लॅंग्वेजमधून गणकयंत्राचा वापर.

देत असल्याने अशा 'उच्च' भाषेतील प्रोग्रॅम कोणत्याही गणकयंत्रांवर वापरता येऊ शकतात, म्हणजेच कोणतेही गणकयंत्र वापरणे शक्य होते. जर एकादा 'उच्च' भाषेतील प्रोग्रॅम विकत घ्यायचा झाला तर त्याची किंमत कमी असण्याची शक्यता आहे; कारण प्रोग्रॅम्स बनविणाऱ्याला तो प्रोग्रॅम तशाच स्वरूपात अनेकांना विकता येईल !

'उच्च' प्रोग्रॅमिंग भाषेच्या वापराने एक नवीन वर्ग उदयास आला– तो म्हणजे प्रोग्रॅमर्सचा. प्रत्येक युजरला प्रोग्रॅम कसे लिहावयाचे याची माहिती असतेच असे नाही. त्यामुळे एखादी विशिष्ट प्रोग्रॅमिंगची भाषा अवगत असणाऱ्या प्रोग्रॅमरकडून पाहिजे तसा प्रोग्रॅम बनवून घ्यावा लागतो. सॉफ्टवेअरच्या उत्क्रांतीच्या पूर्वीच्या टप्प्यावरील चित्र पाहता याचे महत्त्व लक्षात येते. जेव्हा प्रोग्रॅमिंग मशीन लॅंग्वेजमध्ये होते तेव्हा फक्त गणकयंत्राचे जाणकारच प्रोग्रॅमिंग करू शकत. प्रोग्रॅमिंग लॅंग्वेजच्या उपयोगाने गणकयंत्र वापरणे थोडे सुलभ झाले आणि प्रोग्रॅमिंगचे तज्ज्ञ बनणे कमी श्रमाचे असल्याने प्रोग्रॅमिंगचा व त्यायोगे गणकयंत्रांचा प्रसार जास्त झपाट्याने होऊ लागला. कोणत्याही यंत्राच्या वापरासाठी लागणारे ज्ञान जसजसे कमी किचकट व जास्त सुलभ होऊ लागते, तसतसा ते यंत्र वापरण्याचा त्रास व खर्च दोन्ही कमी होऊन त्याचा प्रसार लौकर होतो, या तत्त्वाचा अनुभव जगाने मोटारींच्या बाबतीत घेतला. त्यासंबंधीच्या उत्क्रांतीचे टप्पे होते : (अ) खूप यांत्रिक ज्ञान असलेल्यालाच मोटार चालवता येणे. उदा., एखादा मेकॅनिकल इंजिनिअरच मोटार चालवू शके. (ब) मोटार चालक या नवीन वर्गाचा उदय. त्यामुळे अनेक लोक मोटार विकत घेत व एखाद्या चालकाच्या साहाय्याने तिचा उपयोग करीत. (क) स्वत:ची मोटार स्वत:च चालवता येणे शक्य होणे. या उत्क्रांतीमध्ये तांत्रिक ज्ञानाची गरज कमी कमी होत गेली व वापर सुलभ झाला. गणकयंत्राच्या बाबतीत मशीन व 'उच्च' प्रोग्रॅमिंग लॅंग्वेजचा उपयोग हा वरील 'अ' व 'ब' या टप्प्यांशी मिळता जुळताच आहे. प्रोग्रॅमिंग लॅंग्वेजच्या उपयोगाच्या टप्प्यामध्ये एखादा माणूस आपले स्वत:चे गणकयंत्र विकत घेऊन स्वत:च त्याचा उपयोग करायला शिकणे शक्य होते. परंतु त्यासाठी त्याला स्वतः प्रोग्रॅमिंगचे ज्ञान शिकून घेणे आवश्यक होते. नवीन ज्ञान आत्मसात करायच्या जरूरीमुळे अनेक लोक स्वत: गणकयंत्राचा उपयोग करण्यापासून वंचित राहिले. सॉफ्टवेअर उत्क्रांतीचा तिसरा टप्पा हा मोटार उत्क्रांतीच्या तिसऱ्या टप्प्यासारखाच असून त्यामुळे स्वत:चे गणकयंत्र स्वत:च वापरणे सहज शक्य झाले हे आपण आता पाहणार आहोत.

३ (ड). सॉफ्ट वेअर 'पॅकेज' व 'युजर फ्रेंडली' सिस्टिम्स :

प्रोग्रॅमिंग लॅंग्वेजमुळे मशीन-स्वातंत्र्य व उपयोगाची सुलभता आली. या लॅंग्वेजेस 'युनिव्हर्सल' असल्याने कोणच्याही प्रकारच्या उपयोगाची मागणी याद्वारे पुरवता येऊ लागली. परंतु गणकयंत्राच्या

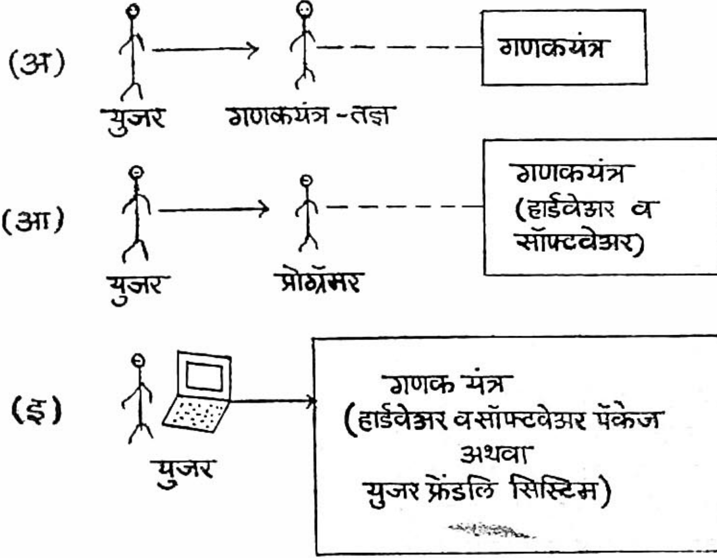


आकृती क्र. ७ : युजरच्या दृष्टीने गणकयंत्राचा वापर

उपयोगाची गरज निर्माण झाल्यावर ती पूर्ण करून घेण्यासाठी अजूनही प्रोग्रॅमिंगचा टप्पा ओलांडावा लागत असे. या वेळी असा मतप्रवाह निर्माण झाला की, काही नेहमी लागणाऱ्या उपयोगांसाठी असे प्रोग्रॅम्स निर्माण करावेत की, जे एका विशिष्ट क्षेत्रातील जवळपास सर्व गरजा पूर्ण करू शकतील. हे एक वा अनेक प्रोग्रॅम्स एकत्रित करून त्यांची एक सॉफ्टवेअर पॅकेज निर्माण होत असे. समजा, मासिक पगाराचे संस्करण (प्रोसेसिंग) करण्यासाठी एक पॅकेज उपलब्ध होत असेल, तर कोणीही व्यापारी संस्था वा लघुउद्योजक असे कोणीही हे पॅकेज विकत अथवा महिन्याच्या/वर्षाच्या भाडचाने घेऊ शकेल. जेव्हा प्रोसेसिंग करायचे असेल तेव्हा हे पॅकेज गणकयंत्रामध्ये 'लोड' करायचे (टाकायचे). या पॅकेजमध्ये पगारासंबंधीच्या सर्व प्रकारच्या तरतुदींची पूर्तता करायची क्षमता असेल. यांपैकी ज्या काही तरतुदी या उद्योजकाला लागू असतील त्यांची माहिती आधी सॉफ्टवेअर पॅकेजला आदान करायची. त्यानंतर सॉफ्टवेअर पॅकेज गणकयंत्राकडून पगाराचे प्रोसेसिंग करून घेईल. पुढच्या खेपेला काही नवीन तरतुदी वापरात आणायच्या असतील, तर त्यासाठी काहीच प्रोग्रॅमिंग बदल करायची गरज राहणार नाही, फक्त प्रोसेसिंगच्या सुरवातीला हे बदल त्या सॉफ्टवेअर पॅकेजला सांगितले म्हणजे झाले.

पॅकेजेसच्या प्रादुर्भावामुळे प्रोसेसिंगची गरज निर्माण झाल्यानंतर त्यासाठी प्रोग्रॅमिंगचा टप्पा ओलांडायची गरज राहिली नाही. पॅकेज वापरून एखादा युजर स्वतःच आपल्याला पाहिजे असलेले प्रोसेसिंग गणकयंत्राद्वारे करून घेऊ शकतो. १९६०–७० च्या काळात जेव्हा गणकयंत्रांचा प्रसार होऊ होऊ लागला तेव्हा अशा पॅकेजेसची निर्मिती होऊ लागली. १९८० च्या सुमारास जेव्हा पर्सनल व त्याआधी मायक्रोकॉम्प्युटर्स प्रचारात आले तेव्हा या पॅकेजेसच्या कल्पनेला प्रचंड प्रतिसाद मिळाला. कोणीही माणूस, उदा., अत्यंत छोटा व्यावसायिकदेखील, आपले स्वतःचे गणकयंत्र विकत घेऊन स्वतःच त्याचा उपयोग करू लागला. अशा वेळेस गणकयंत्राबरोबर आपल्या जरूरीच्या पॅकेजेस खरेदी करुन टाकल्याने प्रोग्रॅमिंगचा टप्पा अस्तित्वातच राहिला नाही. अर्थात या पॅकेजेसबद्दल एक गोष्ट नमूद केली पाहिजे. जे प्रोसेसिंग अनेक लोकांना करावे लागू शकेल त्यासाठीच पॅकेज लिहिणे फायद्याचे पडेल. त्याचप्रमाणे एखाद्या युजरच्या दृष्टिकोनातून जर एकाच प्रकारचे प्रोसेसिंग अनेक वेळा– कदाचित अनेक वर्षे– करावयाचे असेल तरच असे पॅकेज वापरणे इष्ट. जेव्हा करावयाच्या प्रोसेसिंगचे स्वरूप अनेक वेळा बदलणारे असेल तेव्हा स्वतःच प्रोग्रॅमिंग करणे इष्ट असते. या कारणांमुळे सायंटिफिक (वैज्ञानिक) प्रोसेसिंग व बदलत्या स्वरूपाचे इतर प्रोसेसिंग यांसाठी अजूनही प्रोग्रॅमिंगचा वापर करावा लागतो.

गणकयंत्राचा उपयोग करण्याच्या पद्धतीतील उत्क्रांती आकृती क्र. ८ मध्ये दाखविली आहे. (अ) मध्ये मशीन लँग्वेजमध्ये लिहिलेले तज्ज्ञाकडून तयार केलेले प्रोग्रॅम दाखविले आहेत. (आ) मध्य प्रोग्रॅमिंग लँग्वेजमध्य प्रोग्रॅमरने लिहिलेले प्रोग्रॅम्स कोणत्याही गणकयंत्रावर वापरता येतात हे दाखविले आहेत. (इ) मध्ये पॅकेजच्याद्वारे युजर स्वतःच गणकयंत्र वापरताना दाखविला आहे. पॅकेजच्या उपयोगाद्वारे प्राप्त झालेली सुलभता इतर वेळीही–म्हणजे पॅकेज वापरत नसतानाही– मिळावी म्हणून आजकाल 'युजर फ्रेंडली' सिस्टिम्स प्रच-



आकृती क्र. ८ : सॉफ्टवेअर उत्क्रांतीतील टप्पे

लित होऊ लागल्या आहेत. यामध्ये युजरला स्वतःच प्रोग्रॅमिंग करताना फार कष्ट पडू नयेत यासाठी तजवीज केलेली असते. यातील एक महत्त्वाचा भाग म्हणजे प्रोग्रॅमिंग सुकर व्हावे म्हणून जवळ-जवळ मानवी भाषेतच प्रोग्रॅमिंग करण्याची मुभा.

४. गणकयंत्रांचे विविध उपयोग :

आपण भाग २ मध्ये गणकयंत्रांचे वर्गीकरण व प्रत्येक वर्गातल्या गणकयंत्रांचा मुख्य उपयोग पाहिला. या भागामध्ये आपण गणकयंत्रांचे विविध उपयोग पाहणार आहोत; ते पाहताना भाग २ च्या वर्गीकरणाचा स्पष्ट उल्लेख करणार नसलो, तरी वाचकाने ते वर्गीकरण डोळ्यासमोर ठेवून हा भाग वाचावा ही अपेक्षा आहे.

ढोबळ मानाने पृथःकरण करायचे झाले तर गणकयंत्रांच्या उपयोगाचे खालील भाग पडतात : अ) शास्त्रीय संशोधन / प्रोसेसिंग, ब) डाटा प्रोसेसिंग व इन्फर्मेशन सिस्टिम्स (अवगम प्रणाली), क) 'कंट्रोल'साठी गणकयंत्राचा वापर, ड) 'सिम्युलेशन'साठी (सदृशीकरणासाठी) वापर व ई) मानवाचा भार हलका करण्यासाठी केलेला गणकयंत्रांचा विशिष्ट प्रकारचा वापर.

यांपैकी (अ) वर्गासाठी काही विशेष स्पष्टीकरण देण्याची गरज नाही. या वापरासाठी गणकयंत्राचा वेग व त्याचे स्मरण या बाबी जास्त महत्त्वाच्या असतात. अनेक कठीण प्रश्न वा निसर्गाची कोडी सोडविण्यासाठी गणकयंत्रांचा झालेला वापर आपल्या सर्वांच्याच परिचयाचा आहे. अधिकाधिक वेगवान गणकयंत्र बनवायच्या कार्याला या अशाच उपयोगांमुळे गती मिळाली व त्यातून काही नवीन तंत्रांचा शोध लागला.

(ब) वर्गातील डाटा प्रोसेसिंगबद्दल असेच फार सांगण्याचे कारण नाही; परंतु यांपैकी दुसऱ्या भागाचे थोडेफार विश्लेषण करणे आवश्यक आहे. इन्फर्मेशन सिस्टिम्सच्या वापरामागचा हेतू साधारणतः असा असतो : जेव्हा एखाद्या संस्थेतील कार्यक्षमता वाढविण्याचा विचार होतो तेव्हा मुख्यतः विशिष्ट प्रकारची माहिती जमा करण्याची गरज असल्याचे लक्षात येते. ही माहिती उपलब्ध असल्यास तिचा वापर करून योग्य ती व्यवस्थापकीय धोरणे ठरवण्यास वा आडाखे बांधण्यास मदत होते व यायोगे कार्यक्षमता वाढू शकते. ही माहिती दरवेळी पाहिजे तशी उपलब्ध असतेच असे नाही. अशा वेळी जी काही दुसरी (पूरक) माहिती उपलब्ध असेल तिच्यातून विश्लेषण करून ही माहिती निर्माण करणे व एखाद्या अहवालाच्या रूपात सादर करणे हे या इन्फर्मेशन सिस्टिम्सचे मुख्य

कार्य असते. याचे निरनिराळे पैलू म्हणजे १) इन्फर्मेशन रिट्रायव्हल– म्हणजे असलेली माहिती शोधून त्यातून पाहिजे ती माहिती उपलब्ध करणे, २) मॅनेजमेंट इन्फर्मेशन सिस्टिम– म्हणजे विश्लेषणात्मक नवीन माहिती उपलब्ध करणे व ३) डिसीजन सपोर्ट सिस्टिम– म्हणजे व्यवस्थापकीय निर्णयासाठी माहिती उपलब्ध करणे एवढेच नव्हे तर एखाद्या निर्णयाचा काय परिणाम होईल याचा आडाखा बांधण्यास मदत करणे वगैरे.

यांपैकी आपल्याला सर्वसाधारणपणे माहीत असलेले एक रूप म्हणजे एअरलाइन रिझर्वेशन सिस्टिम वा लवकरच वापरात येणारी बँका, रेल्वे यांमधील सिस्टिम्स. या सिस्टिम्स मुख्यतः इन्फर्मेशन सिस्टिम्सच आहेत, जेव्हा भौगोलिक दृष्ट्या लांबलांबची ठिकाणे जोडून एखादी सिस्टिम बनवायची असते, तेव्हा कॉम्प्युटर नेटवर्क्सचा (जाळ्याचा) वापरही यामध्ये केला जातो. वेग हा जरी एक महत्त्वाचा पैलू असला, तरी निरनिराळ्या प्रकारे विश्लेषण करावयाची क्षमता हा या सिस्टिम्सचा महत्त्वाचा भाग आहे.

(क) वर्गातील सिस्टिम्स मुख्यतः क्षणार्धात निर्णय घेण्याची कुवत असणाऱ्या सिस्टिम्स आहेत. यांपैकी एखादी रासायनिक संयंत्रात वापरली जाणारी सिस्टिम प्रातिनिधिक मानता येईल. अनेक ठिकाणचे तपमान व रासायनिक प्रक्रिया यांच्यावर नियंत्रण ठेवायचे, तर बदलत्या परिस्थितीबद्दल योग्य तो निर्णय क्षणार्धात घ्यावाच लागतो अन्यथा ज्यावर नियंत्रण ठेवायचे ती गोष्ट हाताबाहेर जाण्याची शक्यता असते. गणकयंत्राने चालविलेले कारखाने वा आयगाड्या ही यांची उदाहरणे होत. कॅलिफोर्नियातील BART ही रेल्वे संपूर्णतः गणकयंत्राद्वारेच चालविली जाते, ती अशाच उपयोगाद्वारे. टेलिफोन एक्सचेंजमधील गणकयंत्राचा वापर हा पण याच वर्गात मोडतो.

(ड) वर्गामध्ये गणकयंत्राचा वापर हा एखाद्या खऱ्या सिस्टिमचा आभास निर्माण करण्यासाठी केला जातो. असे करण्यामागे कमी खर्चात प्रत्यक्षातील एखाद्या सिस्टिमबरहुकूम काम करणारी सिस्टिम बनवणे हा हेतू असतो, तर कधी मानवी प्राणाला निर्माण होणारा धोका टाळण्यासाठी त्याचा उपयोग करतात. विमानातील कॉकपिटचे सिम्युलेशन हे याचे प्रातिनिधिक उदाहरण. नवीन वैमानिकाला शिकताना कॉकपिटमधील निरनिराळे कंट्रोल्स व विमानावर त्यांचा होणारा परिणाम यांची सांगड घालण्यासाठी याचा उपयोग होतो. प्रत्यक्ष विमानातून उड्डाण न करताही शिक्षण देण्यामागे खर्च कमी करणे तसेच प्राणाचा धोका टाळणे हे दोन्ही उद्देश आहेत. सिम्युलेशनचा उपयोग भविष्यकाळासाठी आडाखे बांधण्यात अर्थशास्त्रामध्ये तसेच समाजशास्त्रातही केला जातो.

वरील अ– ब– क– ड हे वर्गीकरण खरे तर गणकयंत्रांच्या उपयोगांचे न मानता त्यातील तत्त्वांचे मानले जावे. कारण एखाद्या प्रत्यक्ष उपयोगात त्यांचे मिश्रण आढळण्याचीही शक्यता आहे. उदाहरणार्थ, सिम्युलेशनचा उपयोग डिसीजन सपोर्ट सिस्टिममध्ये होतो. एअरलाइन रिझर्वेशन सिस्टिम ही वस्तुतः (ब) व (क) यांचे मिश्रण मानली जाते, वगैरे. आपण (ई) मध्ये जे उपयोग बघणार आहोत त्यामध्येही असेच मिश्रण आपल्याला आढळून येऊ शकेल.

(ई) मानवाचा भार हलका करणारे उपयोग – यामध्ये अनेक निरनिराळ्या छटा दिसून येतात. त्यांपैकी काही खाली दिल्या आहेत. १) शिक्षणासाठी गणकयंत्रांचा वापर, २) ऑफिस ऑटोमेशन (कार्यालयीन स्वयंचलन), ३) छोट्याछोट्या उपकरणांमध्ये गणकयंत्रांचा वापर.

मानवाचा भार हलका करणे यामध्ये नोकरकपातीची भावना नसून निव्वळ जीवन जास्त सुकर, सुलभ करणे हीच भावना महत्त्वाची. थोड्या श्रमात नेहमीचे काम याच्यात निव्वळ श्रम वाचविणे हा दृष्टिकोण फारसा फलदायी ठरू शकत नाही. अशा वेळी नेहमीच्याच श्रमात नेहमीपेक्षा जास्त चांगले काम हाच दृष्टिकोन कायम बाळगला पाहिजे.

शिक्षणामध्ये गणकयंत्राचा उपयोग याच स्वरूपाचा ठरू शकेल. सर्वसाधारणतः शिक्षकांचा अनुभव असा असतो की, एकाच वर्गात अनेक प्रकारची मुले असतात. काही खूप हुशार, काही साधारण हुशार तर काही मंद बुद्धीची. शिक्षकाला मंद बुद्धीच्या





अनुक्रमणिका

मुलांच्या वेगाने चालणे शक्य नसते; तसेच अतिहुशारांच्या गतीने चालणेही अशक्यच असते. त्यामुळे साधारण मुलांच्या वेगानेच तो जाणे पसंत करतो. यामध्ये मंद बुद्धीची मुले मागे पडतात व अतिहुशार मुले कंटाळून जातात. कंम्प्यूटर असिस्टेड इंस्ट्रक्शनने (गणकयंत्राच्या साहाय्याने मिळालेल्या सूचनांद्वारे) हे तोटे टाळता येऊ शकतील. तज्ज्ञ शिक्षक कोणतीही गोष्ट शिकवण्यासाठी एक आराखडा तयार करतात. त्यात काही व्याख्या असतात, काही स्पष्टीकरणवजा मजकूर असतो, तर काही प्रश्न असतात. या सर्व गोष्टी गणकयंत्राच्या स्वाधीन करण्यात येतात. विद्यार्थी शिकण्यासाठी गणकयंत्राच्या समोर बसतात. व्याख्या व स्पष्टीकरण वाचून मग प्रश्न सोडवतात. विद्यार्थीचे उत्तर तज्ज्ञ शिक्षकाने दिलेल्या उत्तराशी ताडून त्याप्रमाणे विद्यार्थ्याला तो विषय समजला आहे किंवा नाही, हे ठरवता येते. उत्तम तयारी असलेल्या विद्यार्थ्याला जलद गतीने विषय शिकायला मिळतो. साधारण मुलाला थोडी जास्ती स्पष्टीकरणे दिली जातात, तर मंद बुद्धी मुलाला तोच विषय दोन तीन वेळा शिकवला जातो. यामुळे प्रत्येक मुलाला त्याच्या वकुबानुसार शिकायला मिळते. शिक्षकांची गरजच नाही, असा मात्र त्याचा अर्थ नाही. तज्ज्ञ शिक्षकांव्यतिरिक्त प्रत्येक वर्गाला शिक्षकाची गरज राहणारच. शिक्षक सर्व मुलांची प्रगती पाहून त्यांपैकी ज्याला मार्गदर्शनाची गरज आहे अशा विद्यार्थ्यांवर लक्ष केंद्रित करू शकतात.

ऑफिस ऑटोमेशनमध्ये गणकयंत्राचा वापर प्रामुख्याने एकाच स्वरूपाची पत्रे लिहिण्यासाठी व पत्रे ज़ास्त चांगल्या 'गेट-अप'ची (दर्शनीय मांडणीची) दिसण्यासाठी केला जातो. अशा एखाद्या पत्राचा मजकूर गणकयंत्राच्या स्मरणविभागात ठेवून देता येतो. हे पत्र ज्या कोणा १०–२० वा १०० लोकांना पाठवायचे असेल त्या लोकांची नावे व पत्ते दिल्यास गणकयंत्र त्यांच्या नावे पत्रे आपोआप तयार करू शकेल. यामुळे सेक्रेटरीची गरज संपत नाही, पण कामाचे स्वरूप बदलते व प्रत बरीच सुधारते.

छोट्या-छोट्या उपकरणांमध्ये मायक्रोप्रोसेसरचा वापर करून उपकरणे अधिक अद्ययावत व स्वयंचलित बनवता येतात. मोटारींमध्ये वा स्वयंपाकघरातील ओव्हनमध्ये याचा उपयोग अशाच धर्तीचा. अनेक छोटीछोटी कामे पार पाडण्यास याचा उपयोग होतो. उदाहरणार्थ, मोटारीची सर्व दारे बंद आहेत वा नाहीत, पेट्रोल व तेल योग्य प्रमाणात उपलब्ध आहे की नाही, इंजिन नीट चालते आहे का वगैरे अनेक कामी त्याचा उपयोग होतो. यामध्येही जीवन सुलभ करणे हाच एक हेतू असतो.

गेल्या काही वर्षांमध्ये गणकयंत्रांनी अनेक नवीन क्षेत्रांमध्ये पदार्पण केले आहे. नवनवीन उपयोग नित्य शोधले जात आहेत. या भागामध्ये या सर्व उपयोगांची यादी करणे हा उद्देश नव्हता (आणि असता तरी असा उद्देश कधीच सफल होणे शक्य नाही), तर गणकयंत्राच्या वापराची तत्त्वे व प्रकार पाहणे हा उद्देश होता. बहुतेक सर्व धर्तीचे उपयोग वरील अ–ई मध्येच मोडतील.

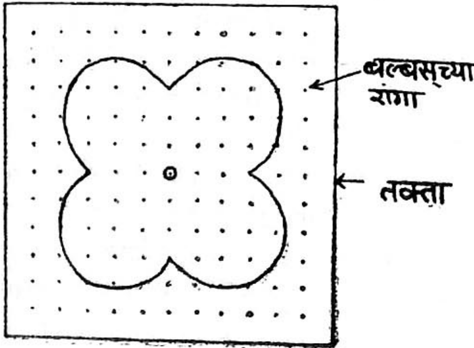
५) गणययंत्रे व भारत

मायक्रोप्रोसेसर्स वापरून केलेले मायक्रो-कम्प्युटर्स सध्या वाढत्या प्रमाणात उपयोगात येत असलेले आपल्याला दिसतात. किंबहुना यांच्या योगे भारत अखेर गणकयंत्रांच्या युगात येऊन पोहोचल्याचे आपणास दिसते. जेव्हा १९७०–७५ या कालखंडात मिनीकम्प्युटर्सचे युग सर्व जगभर आले, तेव्हा आपण मागे राहिलो होतो. याचे कारण मुख्यतः आर्थिक आहे. मायक्रो–कंम्प्युटर्सच्या कमी किंमतीमुळे आता आपण सर्वार्थाने गणकयंत्र–युगात येत आहोत. परंतु आपण हेही लक्षात घेतले पाहिजे की, आपण जेव्हा हे करीत आहोत, तेव्हा पश्चिमेत पर्सनल कम्प्युटर्सचे युग येत आहे. किंबहुना काही जाणकारांच्या मते तेथील हे युग आता ओसरण्याच्या मार्गावर आहे.

पर्सनल कम्प्युटर्सबरोबरच आणखी एका गोष्टीपासून आपण आजतरी वंचित राहिलेले दिसतो; ती म्हणजे दैनिक जीवनाच्या अनेक क्षेत्रांमध्ये झालेला कम्प्युटर्सचा प्रादुर्भाव. जरी उतरत्या किंमती हे एक जागतिक पातळीवरील सत्य असले, तरी त्यामुळे आपल्या जीवनात काही फार फरक पडल्याचे आपल्याला दिसत नाही. याची दोन कारणे असू शकतील. एक म्हणजे किंमती अजूनही आपल्या आवाक्याबाहेर असणे. दुसरे म्हणजे योग्य त्या प्रमाणात मायक्रोप्रोसेसर्सचा पुरवठा नसणे. सरकारी

क्षेत्रातल्या एका नव्या कारखान्यामध्ये मायक्रोप्रोसेसर्सचे उत्पादन सुरू करून सरकारने निदान दुसऱ्या कारणासाठी तरी काही उपाययोजना केल्याचे दिसते. अर्थात यामुळे एकंदर कितपत फरक पडू शकेल हे, आत्ता तरी सांगणे कठीण आहे. किंमती उतरतील किंवा नाही, हे अजून तरी तितकेसे स्पष्ट नाही. याबरोबरच एका तिसऱ्या कारणाचाही (वा तिसऱ्या अडथळ्याचा) विचार करणे आवश्यक आहे. हे कारण म्हणजे भारतीय कारखानदारी क्षेत्रामध्ये असलेला स्पर्धेचा अभाव. यामुळे नवीननवीन प्रयोग करण्याकडे कारखानदारांचा वा त्यांच्या कंपन्यांचा कल दिसून येत नाही (अर्थात हे म्हणताना प्रत्येक कारखान्यामध्ये गणकयंत्रे वापरावीत, असे म्हणण्याचा अजिबात हेतू नाही. गणकयंत्रांच्या उपयोगाने रोजगारीवर होणारा परिणाम हा एक वेगळाच विषय आहे, आणि त्याचा अधिक विस्ताराने परामर्श पुढच्या परिच्छेदामध्ये घेतला आहे). यामुळे नेहमीच्या उपकरणांमध्ये गणकयंत्रे वापरून सुधारणा केल्याचे फारसे कोठे दृष्टोत्पत्तीस येत नाही. तसेच नवीन उपयोग शोधण्याचीही कल्पकता कोणी दाखवीत नाही. त्यामुळे हा लेख वाचणाऱ्या वाचकांच्या मनात देखील असा प्रश्न साहजिकच उभा राहील की, हे असे उपयोग कोणत्या उपकरणांमध्ये होऊ शकतात? यासाठी एक अगदी साधे उदाहरण खाली दिलेले आहे.

गणेशोत्सवात व इतरत्रही रोषणाई करताना निरनिराळ्या आकारांची फुले वा इतर आकृत्या बनणाऱ्या विजेच्या बल्बच्या तक्त्यांचा उपयोग आपल्या सर्वांच्या परिचयाचा आहे. आकृती क्र. ९ मध्ये अशी एक तबकडी दाखविली आहे. तिच्यावर



आकृती क्र. ९

अनेक बल्ब रांगेने बसविलेले असतात. कोणत्याही एका वेळेस त्यांपैकी काही विशिष्ट बल्ब पेटतात. त्यामुळे एखादी आकृती आपल्याला तक्त्यावर दिसते. पुढच्या क्षणी हे बल्बस् विझून जवळपासचे दुसरे बल्बस् पेटतात. त्यामुळे एखादी आकृती मोठी–लहान होताना वा बदलताना आपल्याला दिसते. हे कसे करतात? आपण जर एकंदर यंत्रणेकडे पाहिले तर असे दिसून येईल की, त्यासाठी एक मोठा यांत्रिक सांगाडा वा प्रणाली एका कायम फिरणाऱ्या शाफ्टवर काही वेगवेगळ्या आकारांची चक्रे बसविलेली असतात. फिरतांना त्यांचा एखाद्या इलेक्ट्रिक मोटरमध्ये असतात, तशा स्पर्शकांशी (ब्रशेसशी) स्पर्श होतो व त्यामुळे बल्बस्चा एखादा संच पेटून तक्त्यावर एखादा विशिष्ट आकार दिसतो. या एकंदर यंत्रणेला मोठी जागा (कमीत कमी ६′ × ६′) व मोठ्या प्रमाणावर वीज लागते. त्याशिवाय कर्कश आवाज होतो तो वेगळाच. अशा जागी एखादा मायक्रोप्रोसेसर बसवला असता प्रोग्रॅमिंगद्वारे, दिव्यांच्या उघडझाप होण्यावर नियंत्रण ठेवता येते. साधारण १′ × १′ × $\frac{1}{2}$′ जागेत हे उपकरण सहज मावेल. त्याला वीज कमी लागेल व त्याचा आवाजही कमी होईल. याशिवाय एक अत्यंत महत्त्वाची गोष्ट म्हणजे सहज बदल करता येण्याची शक्यता. सध्या प्रचलित असलेल्या यंत्रणेमार्फत बदल करायचा झाल्यास सर्व यांत्रिक प्रणाली (मेकॅनिकल सिस्टिम) बदलून पुन्हा जोडावी लागेल. यात खूप खर्च येणार व वेळ जाणार. याउलट जर मायक्रोप्रोसेसर्स वापरले, तर प्रोग्रॅम बदलताच निरनिराळ्या आकृत्या दाखविणे सहज शक्य होईल. हे एक निव्वळ उदाहरण झाले. अनेक यंत्रे व उपकरणे यांची पुनर्रचना करून त्यांचे आकारमान कमी तशीच उपयुक्तता जास्त करता येईल. अशा प्रकारचे संशोधन आपल्याकडे अजून तरी होऊ लागले नाही. ते जेव्हा होईल तेव्हा आपल्या उपकरणांचे स्वरूप पालटेल व क्षमता विस्तारतील. हे जेव्हा होईल तेव्हाच आपण गणकयंत्रांच्या युगात सर्वार्थाने प्रवेश केला, असे म्हणता येईल.

अशा उपयोगांखेरीज उपयोगाचे एक महत्त्वाचे क्षेत्र म्हणजे कारखानदारी, सार्वजनिक संस्था व

अनुक्रमणिका

उद्योग. या क्षेत्रांमध्से गणकयंत्रांचा उपयोग जास्त काळजीनिशी करावयास पाहिजे. कारण यांमध्ये कर्मचारीवर्गाचे हितसंबंध गुंतलेले आहेत. सरकारने साहजिकच अशा उपयोगांवर पक्के नियंत्रण ठेवलेले आहे व योग्य तेथे व योग्य त्या रीतीनेच गणकयंत्रांचा वापर होईल, अशी व्यवस्था केली आहे. या विचारांबरोबरच खोलवर विचार करून व एखाद्या उद्योगधंद्याचे भविष्यातील बदलते स्वरूप पाहूनच असे निर्णय घ्यायला पाहिजेत. सध्याच्या परिस्थितीत रोजगारी कमी होऊ नये हे बरोबर; परंतु याचा अर्थ गणकयंत्रांचा वापर कधीच होऊ नये हे अयोग्य आहे. याच विचाराने बँकांचे बदलते स्वरूप लक्षात घेऊन सरकारने गणकयंत्रांचा वापर करण्याचे ठरवले व कामगार संघटनांनीही त्याला विरोध केला नाही. आयुर्विमा महामंडळातही हाच विचार होतो आहे. आणखी अनेक क्षेत्रांमध्ये हा विचार व्हायला पाहिजे. आपण केव्हा व कितपत दूरदृष्टी ठेवून हे निर्णय घेतो, यावर बरेच अवलंबून आहे, कारण मनुष्यबळ व आर्थिक, नैसर्गिक साधनसंपत्तीचा योग्य वापर करणे हे कोणत्याही देशाच्या भवितव्याच्या दृष्टीने अतिशय महत्त्वाचे.

जर गणकयंत्रांचे योग्य तऱ्हेचे उपयोग व्हायला हवे असतील, तर त्यासाठी दोन प्रकारच्या प्रयत्नांची गरज आहे. एक म्हणजे वर पाहिल्याप्रमाणे कोणत्या प्रकारचे उपयोग करता येतील, याचा विचार करणे. दुसरे म्हणजे समाजामध्ये व विशेषतः नवीन पिढीमध्ये या प्रश्नाबाबत जागृती निर्माण करणे. कारण उद्याच्या गणकयंत्रांच्या युगामध्ये आपल्या सर्व समाजाला पूर्ण विश्वासाने वावरायचे आहे. जर गणकयंत्रांचे स्वरूप व त्याच्या वापराचे परिणाम याबाबत अज्ञान व भयगंड राहिला, तर त्यांचा पुरेपूर उपयोग करून घ्यायला आपण असमर्थ ठरू. ज्याप्रमाणे यंत्रक्रांतीमध्ये मागे पडलेले देश व समाज योग्य ती प्रगती साधू शकले नाहीत, त्याप्रमाणेच भविष्यामध्ये गणकयंत्रांचा वापर न करू शकणाऱ्यांचे होणार आहे. या दृष्टीने अनेक पातळ्यांवर अनेक प्रकारचे प्रयत्न होणे आवश्यक आहे. या वर्षीपासून सरकारने २५० शाळांमध्ये गणकयंत्रांचे वर्ग सुरू केले आहेत. लौकरच ही संख्या २,५०,००० शाळांपर्यंत वाढविण्याची योजना आहे, परंतु सरकारनेच सर्व काही करावे अशी आपण भारतीय सर्व, क्षेत्रांमध्ये अपेक्षा करतो, हे चुक आहे विशेषतः आधीच आर्थिक साधनांचा तुटवडा असतांना पाहिजे त्या प्रमाणावर सरकारी प्रयत्न होऊ शकत नाहीत. त्याचबरोबर नोकरशाहीने राबवलेल्या योजना चाकोरीबद्ध व कल्पनाशक्तीच्या दृष्टीने तोकड्या असतात. यासाठी अनेकविध योजना आखण्याची व कार्यान्वित करायची गरज आहे. शैक्षणिक संस्था व व्यावसायिकांच्या संस्था यांनाच हे आव्हान अखेर पेलावे लागणार आहे, हे ओळखून जितक्या लवकर याबद्दल प्रयत्न व्हायला लागतील तितके चांगले, अन्यथा या नवीन येणाऱ्या युगामध्येही आपण मागासलेले राहण्याची शक्यता आहे.



अनुक्रमणिका

महाराष्ट्रातील शासकीय आणि स्वयंसेवी वैज्ञानिक संशोधनसंस्था

प्रभाकर सोवनी

महाराष्ट्रात वैज्ञानिक संशोधन आणि शिक्षण यांची सुरुवात अव्वल इंग्रज अमदानीत, शंभर सवाशे वर्षांपूर्वीच झालेली आहे. महाराष्ट्रातील सांस्कृतिक चळवळी आणि विद्याव्यासंग या दोन्ही बाबतींत पुढाकार घेणारी दोन महत्त्वाची शहरे म्हणजे मुंबई आणि पुणे. येथील समाजधुरीणांना राष्ट्राच्या अभ्युदयासाठी भारतात आधुनिक विज्ञानाचे शिक्षण आणि संशोधनकार्य सुरू होण्याचे महत्त्व पटले होते. मुंबई विद्यापीठाची स्थापना जुलै १८५७ मध्ये झाली; पण त्यापूर्वीही सोळा वर्षे आधी– १८४१ मध्येच एल्फिन्स्टन इन्स्टिटयूट या नावाने सुरू झालेल्या संस्थेत– गणित, रसायनशास्त्र, वनस्पतिशास्त्र आणि निसर्गविज्ञान (नॅचरल फिलॉसफी) या विषयांचे शिक्षण दिले जात होते. १९४५ मध्ये मुंबईलाच वैद्यकीय शिक्षणाचे विद्यालयही सुरू झाले होते. पुण्यासही १८५४ मध्येच पूना इंजिनियरिंग क्लास अँण्ड मेकॅनिकल स्कूल या नावाने सुरू झालेले अभियांत्रिकी शिक्षणाचे विद्यालय पुढे विस्तार पावून त्याचेच रूपांतर कॉलिज ऑफ इंजिनियरिंग झाले. त्याचप्रमाणे १८७८ मध्ये बी. जे. मेडिकल स्कूल या नावाने सुरू झालेल्या वैद्यकीय विद्यालयाचे बी. जे. मेडिकल कॉलेजमध्ये रूपांतर झाले. शिक्षणाचा सर्व थरांत प्रसार करण्याच्या उद्देशाने १८८४ मध्ये डेक्कन एज्यूकेशन सोसायटीची स्थापना होऊन जानेवारी १८८५ मध्ये फर्ग्युसन महाविद्यालय सुरू झाले; पण केवळ वैज्ञानिक शिक्षण देऊन भागणार नाही, त्याबरोबरच हे विज्ञान परकीय देशातून उसनवारीने न घेता भारतीयांनी स्वत: संशोधन करून या क्षेत्रात स्वयंपूर्ण होण्याची आवश्यकता आहे, याची जाणीव न्यायमूर्ती म. गो. रानडे यांच्यासारख्या समाजधुरीणांना झाली होती. न्या. मू. रानडे यांच्या मृत्यूनंतर ना. गोपाळ कृष्ण गोखले यांनी त्यांच्या स्मृतिप्रीत्यर्थ सुमारे एक लक्ष रुपयांचा निधी जमा करून १९०८ मध्ये पुण्यास दी रानडे इंडस्ट्रियल अँण्ड इकॉनॉमिक इन्स्टिटयूट नावाची संशोधनसंस्था स्थापन केली. पुढे हीच संस्था प्रसिद्ध रसायनशास्त्रज्ञ द. बा. लिमये यांच्या संचालकत्वाखाली जागतिक कीर्तीचे संशोधन करणारी मान्यवर संस्था म्हणून ख्यातनाम झाली. मुंबईतही शास्त्रीय संशोधनाला चालना देण्याच्या दृष्टीने १८८३ मध्ये बॉम्बे नॅचरल हिस्टरी सोसायटी या संस्थेची स्थापना झाली होती. पाठोपाठ १८८६ मध्ये अँन्थ्रॉपॉलॉजिकल सोसायटी ऑफ बॉम्बे याही संस्थेची स्थापना झाली.

हे सर्व लिहिण्याचा उद्देश हाच आहे की, स्वातंत्र्यप्राप्तीनंतर भारतात सर्वच राज्यांत वैज्ञानिक, तांत्रिक, औद्योगिक आणि कृषिविषयक संशोधनाला फार मोठ्या प्रमाणात उत्तेजन आणि साहाय्य मिळालेले असले, तरीही वैज्ञानिक शिक्षण व संशोधनाची सुरुवात त्याच्या आधीच सुमारे १०० वर्षे झालेली होती.

सध्या विविध वैज्ञानिक क्षेत्रांत काम करणाऱ्या इतक्या संस्था भारतात तसेच खुद्द महाराष्ट्रातही आहेत की, त्या सर्वांची जंत्री करायची म्हटले, तरी त्यात अपुरेपणा राहण्याची शक्यता आहे. खरे म्हणजे या लेखात अशा प्रत्येक संस्थेचे विशेष उल्लेखनीय कार्य, भारतीय औद्योगिक, तांत्रिक व वैज्ञानिक क्षेत्रांत या संशोधनामुळे पडलेली भर, या प्रकारचे मूल्यमापन असणे आवश्यक आहे. तसे मूल्यमापन करण्याइतकी सविस्तर माहिती मिळवता आलेली नसल्याने आणि ज्या काही संस्थांची अशी माहिती आहे (उदा., राष्ट्रीय रसायन संशोधन शाळा, खडकवासला येथील केंद्रीय जल आणि ऊर्जा संशोधन केंद्र) त्यांची माहिती द्यावयाची झाल्यास प्रत्येक संस्थेवर एकेक लेख लिहावा लागेल. त्यामुळे

अनुक्रमणिका





येथे महाराष्ट्रातील काही वैज्ञानिक संस्थांची त्रोटक यादीवजा माहितीच देत आहे. यांवरून महाराष्ट्रात कोणकोणत्या विषयांवर संशोधनकार्य चालू आहे, यांची फक्त चुणुकवजा कल्पना येईल. पुढील माहितीत संस्थेचें इंग्रजी नांव देऊन कंसात संस्थेचे मराठी नाव अथवा नावाचा अर्थ दिला आहे. प्रथम मुंबई येथील संस्था, नंतर पुण्याच्या संस्था आणि त्यानंतर नागपूर, नासिक इत्यादी ठिकाणच्या संस्था दिल्या आहेत.

बॉम्बे नॅचरल हिस्टरी सोसायटी (मुंबई निसर्गविज्ञान मंडळ) :

स्थापना १८८३. उद्देश : प्रामुख्याने निसर्गातील पशु, पक्षी, कीटक, वनस्पती यांचा अभ्यास. त्या अनुषंगानें पर्यावरणाचा अभ्यास, नष्ट होऊ पाहणाऱ्या प्राणि–वनस्पतींचे रक्षण आणि संगोपन करणें. संस्थेचे सध्याचे अध्यक्ष (प्रेसिडेंट) डॉ. सलीम अली आहेत. संस्थेचे सुमारे १७२२ सभासद आहेत. ग्रंथालयात सु. ९००० ग्रंथ आहेत. संस्थेचे 'हॉर्नबिल' या नावाचे नियतकालिक (जर्नल) प्रसिद्ध होते. संस्थेचा पत्ता : हॉर्नबिल हाउस, शहीद भगतसिंग रस्ता, मुंबई – ४०००२३.

अन्थ्रॉपॉलॉजिकल सोसायटी ऑफ बॉम्बे (मुंबईची मानवशास्त्रीय संस्था) :

स्थापना : १८८६; मानवाचे मूळ, मानवी संस्कृती इत्यादींसंबंधी संशोधन व अभ्यास. पत्ता : २०९ डॉ. दादाभाई नवरोजी रस्ता, मुंबई–१.

हाफकिन इन्स्टिटयूट :

स्थापना : १८९६. उद्देश : प्रामुख्याने वैद्यकीय आणि आनुषंगिक क्षेत्रांत संशोधन. सूक्ष्मजंतुशास्त्र (बॅक्टेरिऑलॉजी), जीवरसायनशास्त्र (बायोकेमिस्ट्री), रसायनचिकित्सा (केमोथेरपी), निदानीय विकृतिविज्ञान (क्लिनिकल पॅथॉलॉजी), प्रतिरक्षा रक्तविज्ञान (इम्यूनो हेमॅटोलॉजी), प्रतिरक्षाविज्ञान (इम्यूनॉलॉजी), औषधि क्रियाविज्ञान (फार्मेकोलॉजी), प्रारण जीवविज्ञान (रेडिएशन बायॉलॉजी), विषविज्ञान (टॉक्झिकॉलॉजी), मानवी औषधिक्रिया विज्ञान (ह्यूमन फार्मेकोलॉजी), विषाणूशास्त्र (व्हायरॉलॉजी), प्राणिजन्य मानवी रोग (झूनॉसिस) इत्यादी स्वतंत्र विभाग असून त्या विभागांत वैज्ञानिक अधिकारी व विद्यार्थी यांचे संशोधनकार्य चालते. दरवर्षी वार्षिक अहवाल प्रसिद्ध होतो. तसेच 'बुलेटिन ऑफ दी हाफकिन इन्स्टिटयूट' हे संशोधनपर लेखांचे नियतकालिकही प्रसिद्ध होतें. सु. ८००० ग्रंथ असलेले ग्रंथालय आहे. पत्ता : परळ, मुंबई–४०००१२.

टाटा इन्स्टिटयूट ऑफ फंडामेंटल रीसर्च (टाटा मूलभूत संशोधनसंस्था) :

स्थापना : १९४५. उद्देश : शुद्ध तसेच अनुयोजित गणित, भौतिकशास्त्र, खगोलीय भौतिकी, उच्च उर्जा भौतिकी, विश्वकिरण भौतिकी, सौर–भौतिकी, अणुगर्भीय भौतिकी, निम्न तपमानीय भौतिकी इत्यादी भौतिकशास्त्राच्या उपशाखांत आणि रेडिओ, खगोलशास्त्र (अस्ट्रॉनॉमी), अवकाश खगोलविज्ञान (स्पेस अस्ट्रॉनॉमी), रेणवीय जीवविज्ञान (मॉलिक्यूलर बायॉलॉजी), जलविज्ञान (हायड्रॉलॉजी), घन अवस्था इलेक्ट्रॉनिकी (सॉलिड स्टेट इलेक्ट्रॉनिक्स), संगणकशास्त्र (कॉम्प्यूटर सायन्स), स्पीच रेकग्निशन, सूक्ष्मतरंग अभियांत्रिकी (मायक्रोवेव्ह इंजिनियरिंग) इत्यादी शाखांमध्ये मूलभूत स्वरूपाचे संशोधन करणे. संस्थेचे संचालक : डॉ. श्रीकांतन्. संस्थेच्या ग्रंथालयात ७० हजारांहून अधिक ग्रंथ आहेत. पत्ता होमी भाभा रस्ता, मुंबई– ४००००५.

भाभा अटॉमिक रीसर्च सेंटर (भाभा अणुशक्ती संशोधन केंद्र) :

भारत सरकारचे अणुशक्तीच्या शांततामय वापरासाठी अणुशक्तिसंशोधन व विकास करण्याचे केंद्र. या केंद्राची सुरुवात डॉ. होमी जहांगीर भाभा यांच्या संचालकत्वाखाली झाली. सध्या येथे सायरस (CIRUS) नावाची ४० मे. वॉ शक्तीची संशोधन अणुभट्टी, अप्सरा नावाची एक मॅ. वॉ. शक्तीची अणुभट्टी, झलिना नावाची झीरो एनर्जी अणुभट्टी, पूर्णिमा नावाची झीरो एनर्जी फास्ट रीॲक्टर अशा अणुभट्ट्या असून त्यांशिवाय थोरियम प्लँट, फ्युएल फॅब्रिकेशन प्लँट, प्लुटोनियम प्लँट, व्हान डी ग्राफ ॲक्सिलरेटर, आयसोटोप प्रॉडक्शन युनिट आणि जड पाणी, झिर्कोनियम, टिटॅनियम, युरेनियम इत्यादी धातुनिर्मितीच्या

प्रायोगिक संशोधनशाळा आहेत. या केंद्रात एकूण ३५६६ वैज्ञानिक आणि ५४६२ तंत्रज्ञ कर्मचारी काम करीत आहेत केंद्राच्या ग्रंथालयात १२९,००० ग्रंथ असून १५६० संशोधनपर नियतकालिके आणि ५२०,००० तांत्रिक अहवाल आहेत. केंद्राचे संचालक डॉ. रामण्णा आहेत. केंद्रातर्फे 'न्यूक्लीयर इंडिया' नावाचे एक नियतकालिक प्रसिद्ध केले जाते. केंद्राचा पत्ता : ट्रॉम्बे, मुंबई– ४०० ०८५

इंडियन इन्स्टिटयूट ऑफ जिओमॅग्नेटिझम (भारतीय भू-चुंबकत्व संशोधन संस्था) :

स्थापना : १९७१. भूचुंबकत्वाच्या अभ्यासासाठी भारतात अलिबाग, अन्नामलाईनगर, त्रिवेंद्रम्, जयपूर, उज्जैन, गुलमर्ग आणि शिलाँग येथे खास वेधशाळा आहेत. तेथील पाहणीचा व अभ्यासाचा समन्वय करणे, वातावरणातील चुंबकीय स्पंदने व आकस्मिक फेरफारांची नोंद करणे, भूचुंबकीय वेधांसाठी लागणाऱ्या उपकरणांची निर्मिती करणे इ. कार्य या संस्थेत होते. पत्ता : नानाभाई मूस मार्ग, कुलाबा, मुंबई– ४०० ००५

बॉम्बे टेक्स्टाइल रीसर्च असोसिएशन (मुंबईची कापड उद्योगविषयक संशोधन संस्था):

स्थापना : १९५७. कापसाचे (सुती), तसेच कृत्रिम मानवनिर्मित धाग्यांच्या कापडनिर्मितीविषयी संशोधन आणि प्रशिक्षण देण्याचे कार्य येथे होते. वस्त्रनिर्मितिविषयक परिसंवादही आयोजित केले जातात. पत्ता : लालबहादुर शास्त्री मार्ग, घाटकोपर, मुंबई– ४०००८६

कॉटन टेक्नॉलॉजिकल रीसर्च लॅबोरेटरी (कापूसविषयक तांत्रिक संशोधनशाळा) :

स्थापना : १९२४. ही प्रयोगशाळा इंडियन कौन्सिल ऑफ अ‍ॅग्रीकल्चरल रीसर्चच्या क्षेत्रातील अनेक संशोधनशाळांपैकी एक असून येथे कापूस–लागवड, जाती, प्रत, इत्यादींविषयी संशोधन केले जाते. कापसाचे धागे, सूत आणि कापड यांची बळकटी तपासण्याच्या पद्धतीही येथे विकसित केल्या जातात. पत्ता : एडनवाला रोड, माटुंगा, मुंबई– ४०००१९

सिल्क अ‍ॅण्ड आर्ट सिल्क मिल्स रीसर्च असोसिएशन (रेशीम आणि कृत्रिम रेशीम गिरण्यांची संशोधनसंस्था.) **:**

स्थापना : १९६१. 'सास्मिरा' ह्या नावाने ओळखल्या जाणाऱ्या या संशोधनसंस्थेत मानवनिर्मित धागे, त्यांच्या निर्मितीचे तंत्र, रसायनशास्त्र, इत्यादींविषयक संशोधन केले जाते व उद्योगसमूहांना सल्ला देण्यात येतो. संस्थेच्या ग्रंथालयात २ हजार ग्रंथ असून संस्थेतर्फे 'सास्मिरा बुलेटिन' आणि 'टेक्निकल डायजेस्ट' ही नियतकालिके प्रकाशित होतात. पत्ता : सास्मिरा मार्ग, वरळी मुंबई– ४०००२५

इंडियन रबर मॅन्युफॅक्चरर्स रीसर्च असोसिएशन (भारतीय रबर उद्योजकांची संशोधन संस्था) :

स्थापना : १९५९. रबर आणि आनुषंगिक पदार्थांसंबंधी संशोधन आणि विकास. पत्ता : प्लॉट क्र. वी. ८८, वागळे औद्योगिक वसाहत, ठाणे.

कॅन्सर रीसर्च इन्स्टिटयूट :

कर्करोगासंबंधी सर्व प्रकारचे संशोधन, पत्ता, परळ, मुंबई– ४०००१२

इंडियन कॅन्सर सोसायटी :

सेवाभावी ट्रस्टतर्फे चालवण्यात येणारी संस्था. कर्करोगासंबंधीच्या संशोधनासाठी साहाय्य, तसेच कर्करोगाने पीडित रुग्णांचे निदान, उपचार आणि पुनर्वसन यांसंबंधीच्या सोयी उपलब्ध करणे. संस्थेचे 'इंडियन जर्नल ऑफ कॅन्सर' हे त्रैमासिक तसेच 'न्यूजलेटर' प्रकाशित होते.

पत्ता : डॉ. ई. बोर्जेस मार्ग, परळ, मुंबई– ४०००१२ आणि युकॅरिस्टिक बिल्डिंग, ५ कॉन्व्हेंट स्ट्रीट, मुंबई– ४००००१

इंडियन फार्मास्युटिकल असोसिएशन :

औषधनिर्मिती इत्यादींसंबंधी संशोधनलेख प्रकाशित करणारी संस्था. 'इंडियन जर्नल ऑफ फार्मास्युटिकल सायन्सेस' आणि 'फार्मा–टाइम्स' ही नियतकालिके प्रसिद्ध होतात. पत्ता, कालिना सांताक्रूझ (पूर्व) मुंबई–४०००९८

इंडियन सोसायटी ऑफ ॲनेस्थेटिस्ट्स :

बधिरके व ती देणारे तज्ञ यांसंबंधी कार्य करणारी संस्था. स्थापना, १९४७ 'इंडियन जर्नल ऑफ ॲनेस्थेशिया' हे त्रैमासिक प्रकाशित होते. पत्ता : डिपार्टमेंट ऑफ ॲनेस्थेशियॉलॉजी, के. ई. एम्. हॉस्पिटल, परळ, मुंबई– ४०००१२.

असोसिएशन ऑफ मायक्रोबायॉलॉजिस्ट ऑफ इंडिया :

स्थापना : १९३८. 'इंडियन जर्नल ऑफ मायक्रो बायॉलॉजी' हे नियतकालिक प्रसिद्ध होते. पत्ता– फौंडेशन फॉर मेडिकल रीसर्च, ८४ ए. आर. जी. थडानी मार्ग, वरळी, मुंबई–४०००१८.

ऑल इंडिया ऑफ्थॅल्मोलॉजिकल सोसायटी :

नेत्रविकार व त्यांवरील उपचार यांविषयी संशोधन. 'इंडियन जर्नल ऑफ ऑफ्थॅल्मोलॉजी' हे द्वैमासिक प्रकाशित होते. पत्ता– द्वारा डॉ. बी. टी. मस्कती, १११ / ११२ समर व्हिल, भुलाभाई देसाई रस्ता, मुंबई–४०००२६.

पुण्यातील संस्था :

सेंट्रल वॉटर ॲण्ड पॉवर रीसर्च स्टेशन (केंद्रीय जल आणि शक्तिसंशोधन संस्था) :

स्थापना : १९१६. भारताच्या सर्व प्रदेशांतील नद्या, धरणे, पूर, कालवे, सागरकिनाऱ्याची धूप, खाडया, जलशक्ती, इत्यादींसंबंधी प्रायोगिक संशोधन करणारी संस्था. या संस्थेत पूरनियंत्रण, पूल बांधकाम, नद्यांचे पात्र आणि कालवे यांच्या मार्गांचे नियंत्रण, धरणामागील पाण्याचा फुगवटा, पाण्याची उंची, पाणी सोडण्याची दारे, झडपा, वेगाने वाहणाऱ्या प्रवाहाचे विश्लेषण, बंदरे, भरती–ओहोटीच्या लाटांचा अभ्यास, सागरकिनाऱ्यांचा अभ्यास, जहाजांची जलगणिकी (हायड्रोडायनॅमिक्स) इत्यादी एकूण ४६ विभाग आहेत. जलशक्ती व जलाशय यांशिवाय काँक्रीट टेस्टिंग, रॉक मेकॅनिक्स आणि भूकंप (सूक्ष्म भूकंपलेखन) इत्यादी विषयांचाही अभ्यास व संशोधन येथे केले जाते. संस्थेत १७२ इंजिनिअर तज्ज्ञ आणि १२० वैज्ञानिक काम करतात. ग्रंथालयात ३४ हजाराहून अधिक ग्रंथ आहेत. दरवर्षी 'मेम्वार्स' आणि 'टेक्निकल मेमोरॅन्डा' प्रकाशित केले जातात. पत्ता– खडकवासला, पुणे–४११०२४.

नॅशनल केमिकल लॅबोरेटरी : (राष्ट्रीय रसायन संशोधन शाळा)

स्थापना : १९५०. भारतात कौन्सिल ऑफ सायंटिफिक ॲण्ड इंडस्ट्रियल रीसर्च (वैज्ञानिक आणि औद्योगिक संशोधन परिषद) या भारत सरकारच्या संस्थेमार्फत ज्या अनेक संशोधनशाळा स्थापन झाल्या, त्यांपैकी एक. येथे रसायनशास्त्राच्या सर्व शाखांमध्ये उदा., अकार्बनी (इनऑरगॅनिक), कार्बनी (ऑरगॅनिक), बहुवारिक (पॉलिमर), जीवरसायनशास्त्र (बायोकेमिस्ट्री), भौतिक रसायनशास्त्र (फिजिकल केमिस्ट्री), रासायनिक अभियांत्रिकी (केमिकल इंजिनिअरिंग) इत्यादींविषयक औद्योगिक उपयोगाचे संशोधन केले जाते. संचालक– डॉ. दोरायस्वामी. ग्रंथालयात ७५ हजार ग्रंथ आहेत. पत्ता– पाषाण, पुणे–४११००८.

महाराष्ट्र असोसिएशन फॉर दी कल्टिव्हेशन ऑफ सायन्स (विज्ञानवर्धिनी, महाराष्ट्र) :

स्थापना : १९४६. वैज्ञानिक क्षेत्रात काम करून निवृत्त झालेल्या व पुण्यात स्थायिक झालेल्या काही मान्यवर संशोधक वैज्ञानिकांनी ही संस्था स्थापन केली आणि वाढवली. प्रथमपासून सर्वश्री ह. पु. परांजपे, एस. एल. आजरेकर, ना. वि. जोशी, शं. पु. आघारकर अशा वैज्ञानिकांचा या संस्थेच्या वाढीत मोलाचा हातभार लागला. सध्या या संस्थेत वनस्पतिशास्त्र, सूक्ष्मजीवशास्त्र, वनस्पति–रोगविज्ञान, कवकशास्त्र (मायकॉलॉजी) जीव-रसायन शास्त्र, कीटकशास्त्र, कृषि–रसायनशास्त्र, मृदा–विज्ञान; पुराजीवशास्त्र, इत्यादी विज्ञान-शाखांत संशोधन चालू आहे. संस्थेचे संचालक– डॉ. सुरंगे; पत्ता– लॉ कॉलेज रस्ता, पुणे–४११००४

रानडे इंडस्ट्रियल ॲण्ड इकॉनॉमिक इन्स्टिट्यूट (रानडे औद्योगिक आणि आर्थिक संस्था) :

स्थापना : १९०८. ना. गोपाळ कृष्ण गोखले यांनी न्या. मू. रानडे यांच्या स्मृतिप्रीत्यर्थ स्थापन केलेल्या या संस्थेचा उद्देश भारतात औद्योगिक,

तांत्रिक आणि वैज्ञानिक ज्ञानाचा प्रसार करणे हा होता. या संस्थेच्या 'टेक्नो-केमिकल' संशोधनशाळेचे संचालक म्हणून द. बा. लिमये यांची नेमणूक झाली. त्यांनी औद्योगिक कार्बनी रसायनशास्त्रात कीर्तीचे संशोधन केले. १९४९ पासून ही संशोधनशाळा पुणे विद्यापीठाकडे देण्यात आली.

नॅशनल इन्स्टिटयूट ऑफ व्हायरॉलॉजी :

पुण्यास असलेली ही संस्था विषाणू (व्हायरस) आणि तद्जन्य रोग, त्यांचे नियंत्रण, निदान, उपचार इत्यादींसंबंधी संशोधन करते. इंडियन कौन्सिल ऑफ मेडिकल रीसर्च या दिल्ली येथील अखिल भारतीय संस्थेची ही एक शाखा (विभाग) आहे.

एक्सप्लोझिव्ह रीसर्च ॲण्ड डेव्हलपमेंट लॅबोरेटरीज :

पुण्यास पाषाणनजीक असलेल्या या संशोधनसंस्थेत स्फोटके व दारूगोळा यांविषयीचे संशोधन चालते. भारत सरकारच्या संरक्षणखात्याचा ही संशोधनशाळा हा महत्त्वाचा विभाग आहे.

आर्मामेन्ट्स रीसर्च ॲण्ड डेव्हलपमेंट एस्टॅब्लिशमेंट :

ही संस्था पुण्यास पाषाणनजीकच असून भारत सरकारच्या संरक्षणविभागातर्फे तिची स्थापना झाली आहे. लष्करासाठी लागणारी बंदुका, तोफा, बॉम्ब, तोफगोळे इत्यादी हत्यारे व अस्त्रे याविषयीचे संशोधन व विकास करण्याचे काम येथे होते.

ऑटोमोटिव्ह रीसर्च असोसिएशन ऑफ इंडिया (स्वयंचलित वाहनविषयक संशोधन संस्था) :

स्थापना १९६८, स्वयंचलित वाहनांविषयी सर्व प्रकारचे संशोधन येथे केले जाते.

पत्ता : पोस्ट बॉक्स ८३२, पुणे-४११००४.

इतर ठिकाणच्या संशोधनसंस्था :

नॅशनल इनव्हिरॉनमेंटल इंजिनियरिंग रीसर्च इन्स्टिटयूट (राष्ट्रीय पर्यावरण अभियांत्रिकी संशोधनसंस्था) :

स्थापना : १९५८. शहरातील सांडपाणी, कारखान्यांतील मलद्रव्ये, हवेचे व पाण्याचे प्रदूषण करणारे पदार्थ इत्यादींसंबंधी सर्व प्रकारचे संशोधन. संचालक डॉ. सुंदरेशन्. प्रकाशने- 'इंडियन जर्नल ऑफ एनव्हिरॉनमेंटल हेल्थ' आणि 'टेक्निकल डायजेस्ट'. ही नागपूरची संस्था आहे.

इंडियन ब्यूरो ऑफ माइन्स :

स्थापना : १९४८. भारतीय सरकारची खाणकामविषयक संशोधन आणि विकासकार्य करणारी संस्था. प्रकाशने- 'इंडियन मिनरल्स इयर बुक' 'मिनरल स्टॅटिस्टिक्स ऑफ इंडिया' (अर्धवार्षिक); 'क्विक रीलीज टु द मिनरल स्टॅटिस्टिक्स ऑफ इंडिया' (मासिक), 'बुलेटिन ऑफ मिनरल स्टॅटिस्टिक्स ॲण्ड इन्फर्मेशन' (द्विमाही), 'मिनरल इंडस्ट्री ॲट अ ग्लान्स' (वार्षिक).

पत्ता- न्यू सैक्रेटरिएट बिल्डिंग; नागपूर-१.

नॅशनल इन्स्टिटयूट ऑफ ओशनोग्रॅफी (राष्ट्रीय सागर संशोधन संस्था) :

स्थापना : १९६६. सागरविषयक भौतिक, रासायनिक, भूशास्त्रीय, जैविक इ. सर्व प्रकारचा अभ्यास आणि संशोधन. हिंदी महासागरासंबंधी महत्त्वाच्या माहितीचे संकलन. सागरतळावरून खनिजग्रंथी काढण्याच्या पद्धतींचा विकास. अंटार्क्टिका खंडाच्या संशोधनार्थ मोहिमा, प्रकाशने- 'महासागर' (त्रैमासिक); वार्षिक अहवाल, पत्ता मिरामार, पणजी, गोवे.

महाराष्ट्र इंजिनिअरिंग रिसर्च इन्स्टिटयूट (MERI महाराष्ट्र अभियांत्रिकी संशोधन संस्था) :

स्थापना : १९५९. पाटबंधारे, वीजनिर्मिती, इमारती, रस्ते व पूल यांची बांधकामे, पाणीपुरवठा, पूरनियंत्रण, बंदरांच्या समस्या, औद्योगिक वसाहतींची उभारणी, बांधकामाची सामग्री व अभिनव कार्यपद्धती इत्यादींविषयीचे संशोधन येथे होते. १९८३ अखेर येथे १५०० संशोधनविषयक समस्यांचा अभ्यास पूर्ण झाला होता व १९८४ साली १७० समस्यांविषयी संशोधन चालू आहे. सध्या येथे सुमारे ३०० अभियंते व १२५ पेक्षा अधिक वैज्ञानिक काम करीत आहेत.

पत्ता ; दिंडोरी रस्ता, नासिक-४



अनुक्रमणिका

विसाव्या शतकातील भारतीय शास्त्रज्ञ व संशोधक

अ. ना. ठाकूर

खऱ्या अर्थाने आधुनिक प्रकारच्या वैज्ञानिक संशोधनाला भारतात या शतकाच्या प्रारंभी सुरुवात झाली, असे म्हणता येईल. म्हणून काही अपवाद वगळता या लेखात या शतकातील शास्त्रज्ञ व संशोधक यांचा विचार केला आहे. संख्येच्या दृष्टीने पाहिले असता शास्त्रज्ञांच्या बाबतीत हल्ली भारताचा जगात तिसरा क्रमांक लागतो, हे खरे आहे. मात्र प्रत्यक्ष संशोधनकार्यात गुंतलेल्या शास्त्रज्ञांची संख्या एकूण शास्त्रज्ञांच्या मानाने पुष्कळच कमी आहे, हे मान्यच केले पाहिजे. त्यामुळे वैज्ञानिक संशोधनाच्या दृष्टीने ज्या भारतीय शास्त्रज्ञांचे कार्य मोलाचे ठरले आहे, अशा शास्त्रज्ञांच्या व संशोधकांच्या चरित्रांचा आढावा घेण्याचा हा प्रयत्न आहे. ज्यांनी भारतातील वैज्ञानिक संशोधनाचा पाया घातला व त्याला चालना अथवा नवीन दिशा दिली अशा शास्त्रज्ञांचे कार्य येथे थोडक्यात दिले आहे; तर स्वतंत्र भारताचे विज्ञानविषयक व तंत्रविद्याविषयक धोरण निश्चित करण्यामध्ये ज्यांचा वाटा मोठा आहे, अशा शास्त्रज्ञांची थोडी अधिक माहिती दिली आहे. नोबेल पारितोषिके व लंडनच्या रॉयल सोसायटीचे सदस्यत्व (एफ. आर. एस.) लाभलेल्या बहुतेक भारतीय शास्त्रज्ञांचा समावेश या लेखात केला असून ज्यांचे संशोधन उपयुक्त ठरले आहे, अशा महाराष्ट्रीय शास्त्रज्ञांच्या कार्याचा त्रोटक आढावा घेण्याचा प्रयत्न केला आहे. शेवटी विविध प्रकारच्या उच्चपदस्थ व प्रसिद्ध अशा शास्त्रज्ञांचाही केवळ उल्लेख केला आहे. शास्त्रज्ञांना मिळणाऱ्या काही बहुमानांतून त्यांच्या कार्याचा अप्रत्यक्ष निर्देश होतो, हे लक्षात घेऊन त्यांचा माहितीत समावेश केलेला आहे.

शंकर बाळकृष्ण दीक्षित :

मुरूड येथे २१ जुलै १८५३ रोजी जन्मलेल्या दीक्षितांचे शिक्षण मॅट्रिकपर्यंत झाले होते; मात्र त्यांनी केलेले कार्य हे महाराष्ट्रातील आधुनिक वैज्ञानिक संशोधनाची सुरुवात करून देण्याच्या दृष्टीने महत्त्वाचे ठरले आहे. भारतातील ज्योतिषशास्त्रीय अध्ययनाचा आढावा घेऊन त्यावरून त्यांनी काही घटनांचा व ग्रंथांचा काळ निश्चित केला. तसेच पुस्तके लिहून विशेषकरून भारतीय ज्योतिषशास्त्राच्या अध्ययनाला चालना दिली. त्यांपैकी भारतीय ज्योतिःशास्त्र (१८९७), ज्योतिर्विलास (१८९३), सोपपत्तिक अंकगणित (१८९७) व सृष्टयचमत्कार (१८८२) ही विज्ञानाची संबंधित पुस्तके होत. ते २७ एप्रिल १८९८ रोजी पुणे येथे मृत्यू पावले.

शिवकर बापूजी तळपदे :

(१८६४–१९१७) हे संस्कृत पंडित मुंबईच्या स्कूल ऑफ आर्ट्समध्ये शिक्षक होते. त्यांनी वेदांमधील मंत्रांच्या आधारे एक विमान तयार केले व त्याला 'मरुत्सखा' असे नावही दिले. १८९५ साली त्यांनी हे विमान मुंबईच्या चौपाटीवर उडवून दाखविले होते. तेव्हा हे विमान १००० फूट उंचीवर जाऊन खाली उतरले होते. हे उड्डाण पाहण्यासाठी न्यायमूर्ती रानडे, सयाजीराव गायकवाड इत्यादींना पाचारण करण्यात आले होते.

कान्होबा रणछोडदास कीर्तिकर :

(१८४९–१९१९) या कवींचा जन्म मुंबईत झाला. ते लष्करात वैद्यकीय अधिकारी व ग्रँट मेडिकल महाविद्यालयात प्राध्यापकही होते. १९०७ सालच्या जळगाव येथील कविसंमेलनाचे तसेच बडोदे येथील मराठी साहित्य संमेलनाचे (१९०९) ते अध्यक्ष होते. त्यांनी मुंबई इलाख्यातील विषारी वनस्पती तसेच भारतीय उपखंडातील अपुष्प व औषधी वनस्पती यांविषयी संशोधन केले होते.

श्रीनिवास रामानुजन् :

तामिळनाडूतील एरोड या गावी २२ डिसेंबर १८८७ रोजी जन्मलेले व केवळ ३३ वर्षांचे आयुष्य





लाभलेले (मृत्यू : दि. २६ एप्रिल १९२०) रामानुजन् हे थोर गणिती होते. मद्रास पोर्ट ट्रस्ट येथे साधा कारकून असलेल्या या तरुणाने सत्ताविसाव्या वर्षी केंब्रिज विद्यापीठात दाखल होऊन तेथील बी. ए. पदवी संपादन केली. त्यांनी गणितातील अनेक विषयांवर संशोधन केले असून अंकसिद्धांतावरील त्यांचे संशोधन महत्त्वाचे आहे. विशेष औपचारिक शिक्षण नसलेल्या या तरुणाला रॉयल सोसायटी या प्रतिष्ठित संस्थेने आपले सदस्यत्व १९१८ साली बहाल केले. हे सदस्यत्व लाभलेले ते पहिले भारतीय होत बंगलोर येथे त्यांच्या स्मरणार्थ रामानुजन् मॅथेमॅटिकल रिसर्च इन्स्टिटयूट ही संस्था उभारण्यात आली आहे; तर टपालखात्याने त्यांच्या स्मृतिप्रीत्यर्थ एक पोस्टाचे तिकीट काढले होते (फेब्रुवारी १९६३).

शंकर आबाजी भिसे :

अमेरिकन हूज हूमध्ये (व्यक्तींच्या वा चरित्र कोशात) नाव समाविष्ट झालेले पहिले भारतीय गृहस्थ. त्यात त्यांचा उल्लेख 'भारताचे एडिसन' असा करण्यात आला होता. कारण त्यांनी सुमारे २०० शोध लावले होते व ४० च्या वर एकस्वे (पेटंटे) घेतली होती. मुंबई येथे २९ एप्रिल १८६७ रोजी जन्मलेल्या भिसे यांना विज्ञानाची मनापासून आवड होती. १८९३ त त्यांनी विज्ञानाच्या प्रसारार्थ द सायंटिफिक क्लब ही संस्था स्थापली होती; तसेच त्यांनी 'विविध कलासंग्रह' नावाचे मासिकही चालविले होते.

भिसे यांचे मुद्रणविषयक संशोधन अधिक महत्त्वाचे आहे. 'गुणित मातृका' नावाचे सेकंदाला सुमारे २० खिळे (टंक) पाडणारे यंत्र त्यांनी बनविले होते. मिनिटाला २४०० टाइप पाडणारे यंत्रही त्यांनी शोधून काढले व त्याला 'भिसो टाइप' असे नाव दिले होते. या यंत्राचे अमेरिका, फ्रान्स, जर्मनी वगैरे देशांत एकस्वही मिळविले होते. आयडियल टाइप कास्टर (अमेरिकेत एकस्व घेतले), सिंगल टाइप कास्टर वुइथ युनिव्हर्सल मोल्ड इत्यादी अनेक मुद्रणविषयक यंत्रे त्यांनी बनविली होती. यांशिवाय त्यांनी अनेक यंत्रांचा, औषधांचा, रसायनांचा शोध लावला होता. त्यांपैकी काही पुढीलप्रमाणे होत : कपडे धुण्याचे 'शेला' नावाचे संयुग, बेसलीन व आटोमिडीन ही औषधे, पाण्याचा प्रवाह चालू करणारे यंत्र, समुद्रतळावर प्रकाशणारा दिवा, सायकल थांबताच ती जागच्या जागी उभी करणारे यंत्र, वातावरणातील विविध वायू वेगळे करणारे यंत्र, विजेच्या उपकरणाद्वारे छायाचित्र दूरवर पाठविण्याचा शोध, पुष्कळ जाहिरातींचे एकदम प्रदर्शन करणारा दिवा, दगडी कोळशापासून वायू बनविणारे यंत्र, सूर्याच्या शक्तीवर चालणाऱ्या विद्युत्मोटरीचा आराखडा इत्यादी. लंडनच्या सोसायटी ऑफ सायन्स, लेटर्स अँड आर्ट्स या संस्थेने त्यांना आपले सदस्यत्व दिले होते. कारण संस्थेने आयोजित केलेल्या स्वयंपाक यंत्रनिर्मिती स्पर्धेत ते पारितोषिकाचे मानकरी ठरले होते. त्यांच्या साठाव्या वाढदिवशी न्यूयॉर्क विद्यापीठाने त्यांना डी. एस्सी. ही सन्माननीय पदवी दिली, तर तेथील संस्थांनी मानपत्र अर्पण केले. नॅशनल इन्स्टिटयूट ऑफ इन्व्हेंटर्स या संस्थेचे ते सदस्य होते. मौंट व्हेर्नान येथील चेंबर ऑफ कॉमर्सने त्यांना पीएच्. डी. व डी. एस्सी. या पदव्या दिल्या होत्या.

अमेरिकेत त्यांनी लोटस फिलॉसफी सेंटर स्थापन करून जागतिक धर्माचा पुरस्कार केला होता व एक देऊळही स्थापन केले होते. ते न्यूयॉर्क येथे ७ एप्रिल १९३५ रोजी मृत्यू पावले.

सर जगदीशचंद्र बोस :

भारतात विज्ञानाचे अध्ययन साकल्यवादी दृष्टीने व्हायला पाहिजे हे या शतकाच्या प्रारंभी त्यांनी सांगितले होते; तसेच सजीव व निर्जीव अशी दिसणारी भिन्नता ही वरवरची आहे, असे त्यांनी दाखवून दिले आणि सजीव व निर्जीव ही सृष्टीची केवळ दोन रूपे असल्याचे प्रतिपादिले होते [त्यांच्या साकल्यवादी विचारसरणीची अधिक माहिती याच अंकातील 'भारताच्या वैज्ञानिक तंत्रवैज्ञानिक धोरणाचे मूल्यमापन' या लेखात आली आहे].

जगदीशचंद्रांचा जन्म विक्रमपूर (मैमनसिंग) येथे ३० ऑक्टोबर १८५८ रोजी झाला. केंब्रिज विद्यापीठाची पदवी संपादन केल्यावर (१८८४) ते कलकत्ता विद्यापीठात प्राध्यापक म्हणून दाखल झाले. तेथे देशी व परदेशी– म्हणजे गोऱ्या– प्राध्यापकांना वेगवेगळा पगार असे. हा पगारातील काळागोरा

अनुक्रमणिका

भेद त्यांनी नष्ट करायला लावला. त्यासाठी त्यांनी तीन वर्षे पगार न घेऊन एक तऱ्हेने सत्याग्रहच केला होता. १९१७ साली त्यांनी बोस संशोधन संस्थेची स्थापना केली व ते तिचे संचालक झाले. या देशाभिमानी वैज्ञानिकाचे निधन गिरिडी येथे २३ नोव्हेंबर १९३७ रोजी झाले.

वनस्पतींनाही विचारशक्ती असते, भावना असतात, हे त्यांनी जगाला सर्वप्रथम दाखवून दिले. वनस्पतींची होणारी वाढ तसेच प्रकाश, वीज, स्पर्श इत्यादी बाह्य उद्दिपनांना वनस्पतींकडून मिळणारा प्रतिसाद यांविषयी त्यांनी अतिशय महत्त्वाचे संशोधन केले आहे. त्यासाठी त्यांनी अतिशय संवेदनशील अशी अनेक उपकरणे बनविली; त्यांपैकी काहींचे कार्य आपोआप चालत असे (उदाहरणार्थ, केस्कोग्राफ नावाच्या त्यांनी बनविलेल्या उपकरणाच्या साहाय्याने वनस्पतीच्या वाढीचे निरीक्षण करता येई. कारण यामध्ये वाढ १ कोटीपट मोठी करून निरखिता येते. वनस्पतींद्वारे होणाऱ्या प्रकाशसंश्लेषणाची नोंद करणारे एक उपकरणही त्यांनी बनविले होते.). अशा प्रकारे वनस्पतीही संवेदनाग्रहणक्षम असतात, असे त्यांनी दाखवून दिले होते. उदाहरणार्थ, इजा झाल्यास वनस्पती थरथर कापते हे त्यांनी सप्रयोग दाखवून दिले. यासंबंधातील त्यांची पुढील पुस्तके महत्त्वाची आहेत : रिस्पॉन्स इन द लिव्हिंग अँड नॉन लिव्हिंग (सजीव व निर्जीव यांच्यातील प्रतिसाद, १९०२), प्लँट रिस्पॉन्स अॅज ए मीन्स ऑफ फिजिऑलॉजिकल इन्व्हेस्टिगेशन (वनस्पतींचा प्रतिसाद हे त्यांच्या शरीरक्रियाविज्ञानाच्या अनुसंधानाचे एक साधन, १९०६), द मोटर मेकॅनिझम ऑफ प्लँट्स (वनस्पतींची प्रेरक यंत्रणा, १९२८). यांशिवाय त्यांनी स्वतः लिहिलेले शोधनिबंध स्वतःच प्रकाशित केले होते (१९२८). विद्युत्चुंबकीय तरंगांविषयीचे त्यांचे संशोधनही महत्त्वाचे आहे.

जगदीशचंद्र बोस यांच्या कार्याचा गौरव त्यांचे शिक्षण जेथे झाले त्या केंब्रिज विद्यापीठाने डी. एस्सी. ही सन्माननीय पदवी देऊन (१८९६) तर त्यांना गोऱ्या प्राध्यापका एवढे वेतन (प्रथम) नाकारणाऱ्या ब्रिटिश सत्तेने 'सर' ही पदवी देऊन (१९०७) आणि गुणांची कदर करणाऱ्या रॉयल सोसायटीने आपले सदस्यत्व १९२० साली देऊन केला होता.

सर प्रफुल्लचंद्र रे :

या विज्ञानवादी राष्ट्रभक्ताचा जन्म खुलना जिल्ह्यातील रासली कातिपारा या गावी २ ऑगस्ट १८६१ रोजी झाला. त्यांनी आधीचे शिक्षण भारतात घेतले व एडिंबरो विद्यापीठाची डी. एस्सी. पदवी १८८७ साली घेतली. १८८९ साली ते कलकत्त्याच्या प्रेसिडेन्सी महाविद्यालयात रसायनशास्त्राचे प्राध्यापक म्हणून दाखल झाले. तेथून १९१३ साली निवृत्त झाल्यावर मृत्यूपर्यंत (१६ जून १९४४) त्यांनी समाजकार्याला वाहून घेतले. नायट्रोजन व त्याची संयुगे यांवरील त्यांचे संशोधन महत्त्वाचे आहे. १८९५ साली त्यांनी मर्क्युरस नायट्रेट हे संयुग बनविण्यात यश मिळविले. त्यांनी सल्फ्यूरिक अम्ल बनविण्याची एक नवीन योयना आखली होती. त्यांचे राष्ट्रप्रेम उदात्त होते. त्यांनी भारतीय रासायनिक मंडळाची स्थापना केली व हिंदू रसायनशास्त्राचा इतिहास (हिस्ट्री ऑफ हिंदू केमिस्ट्री) लिहिला. शिवाय बेंगॉल केमिकल अँण्ड फार्मास्युटिकल वर्क्स या देशी औषधी कंपनीची स्थापनाही केली होती. याद्वारे भारतीयांची अस्मिता जागी करण्याचे काम त्यांनी केले. त्यांना ज्ञानाविषयी अतिशय प्रेम होते व विज्ञानाचा प्रसार सामान्य जनतेतही झाला पाहिजे असे त्यांना वाटे. त्यामुळे त्यांनी आपल्या शास्त्रीय लेखनाची शैली ललित स्वरूपाची राहील अशी दक्षता घेतली. कदाचित यामुळेच ते वंगप्रांतीय साहित्यसंमेलनाचे व भारतीय विज्ञान परिषदेचे अध्यक्ष (१९२०) होऊ शकले.

बिरबल सहानी :

वनस्पतींचेही अवशेष शिळारूप होतात (उदाहरणार्थ, खोडाचे पूर्णतया दगडात रूपांतर होणे किंवा पानांचे ठसे दगडावर उमटणे). अशा अवशेषांचे अध्ययन म्हणजे पुरावनस्पतिविज्ञान (पॅलिओबॉटनी) होय. भारतातील या विज्ञानाचे आद्य प्रणेते म्हणून बिरबल सहानी प्रख्यात आहेत. कारण त्यांनी केवळ वनस्पतींच्याच शिळारूप अवशेषांचे म्हणजे जीवाश्मांचे अध्ययन करण्यासाठी लखनौ येथे एक संस्था स्थापन केली. त्यांच्या मृत्यूनंतर (१० एप्रिल १९४९) या संस्थेला 'बिरबल सहानी





इन्स्टिटयूट ऑफ पॅलिओबॉटनी' असे नाव देण्यात आले असून ती आता या विषयातील जगामधील एक अग्रगण्य संस्था गणली जाते. १९३९ साली त्यांनी 'पॅलिओबॉटनी इन इंडिया' या नावाचे नियतकालिकही सुरू केले होते.

पंजाबातील भेरा येथे १४ नोव्हेंबर १८९१ रोजी जन्मलेल्या सहानींनी लंडन (१९१९) व केंब्रिज (१९२९) या दोन्ही विद्यापीठांकडून पीएच्. डी. ही पदवी संपादन केली होती लखनौ विद्यापीठात ते प्राध्यापक होते. ते भारतीय विज्ञान परिषदेचे दोन वेळा (१९२१ व १९३८) अध्यक्ष झाले होते व रॉयल सोसायटीने त्यांना १९३६ साली आपले सदस्य करून घेतले होते. तसेच सडबरी हार्डमन, बर्कली, सर सी. आर. रेड्डी इत्यादी पारितोषिके त्यांना मिळाली होती. त्यांनी पुरावनस्पतिविज्ञानविषयक एक पुस्तक व अनेक लेख लिहिले. प्राचीन भारतातील नाणी पाडण्याच्या पद्धतींविषयीच्या त्यांच्या प्रबंधाला नेल्सन रीट पारितोषिक मिळाले होते (१९४६). त्यांची लेखनशैली उत्कृष्ट होती; लोककथा सांगण्याची त्यांची हातोटी सुंदर होती आणि त्यांना मातीची चित्रे बनविण्याचा छंद होता.

येल्लप्रगदा सुब्बाराव :

या शास्त्रज्ञांचा जन्म पूर्व गोदावरी जिल्ह्यात जुलै १८९६ मध्ये झाला. मद्रास येथील वैद्यकीय महाविद्यालयातून वैद्यकीय शिक्षण पूर्ण केल्यावर त्यांनी लंडनच्या युनिव्हर्सिटी स्कूल ऑफ ट्रॉपिकल मेडिसिनमध्ये व नंतर अमेरिकेतील हार्व्हर्ड मेडिसिन स्कूलमध्ये शिक्षण घेतले. त्यांनी जीवरसायनशास्त्राचे अध्ययन करून हार्व्हर्ड विद्यापीठाची पीएच्. डी. पदवी संपादन केली (१९३०). या काळात त्यांना अर्थार्जनासाठी साफसफाई, रुग्णालयातील सेवा, भट्टया पेटविणे, प्रयोगांसाठी मांजरे पकडणे इत्यादी कामे करावी लागली. नंतर १० वर्षे त्यांनी तेथेच संशोधन केले. त्यांनी सूक्ष्म प्रमाणातील फॉस्फरस मोजण्याची एक पद्धती शोधून काढली, ती पुढे 'फिस्के-सुब्बाराव पद्धती' या नावाने ओळखली जाऊ लागली. १९४२ साली ते सुप्रसिद्ध लेदर्ले या कंपनीचे प्रमुख संचालक झाले. या काळात त्यांनी तेथील ग्रंथालय समृद्ध केले. त्यामुळेच नंतर त्याचे नामकरण 'सुब्बाराव स्मारक ग्रंथालय' असे करण्यात आले. बलसाड येथेही लेदर्ले प्रयोगशाळेत त्यांचे स्मारक आहे. त्यांनी फॉलिक अम्लावर संशोधन करून करून ते कृत्रिम रीतीने तयार केले (१९४५). हे अम्ल पांडुरोग व संग्रहणी यांवर गुणकारी ठरले. तसेच त्यांनी शोधलेले डायएथिल कार्बमॅझिन नावाचे रसायन हत्तीरोगावरील उपचारांत उपयुक्त ठरले आहे. ऑरिओमायसीन क्लोरटेट्रासायक्लीन या जंतुनाशकाची मोठ्या प्रमाणावर उत्पादन करण्याची पद्धती शोधून काढण्यात त्यांनी मदत केली होती व फॉस्फोक्रेटीन हे रसायनही शोधून काढले होते. त्यांना स्वयंपाक करणे, पोहणे, बागकाम, अश्वारोहण, मोटार व विमान चालविणे या गोष्टींची आवड होती. त्यांनी अमेरिकेचे नागरिकत्व स्वीकारले होते. ते ९ ऑगस्ट १९४८ रोजी मृत्यू पावले.

मेघनाद साहा : नोबेल पारितोषिकासाठी नाव सुचविले जाण्याइतक्या उच्च गुणवत्तेचे संशोधन करणारे साहा हे महान भौतिकीविज्ञ होते. त्यांचा जन्म डाक्का जिल्ह्यातील सिओरातली या गावी ६ ऑक्टोबर १८९३ रोजी झाला. कलकत्त्याच्या प्रेसिडेन्सी महाविद्यालयात त्यांना प्रफुल्लचंद्र रे व जगदीशचंद्र बोस यांच्यासारखे आचार्य लाभले. कलकत्ता विद्यापीठाची एम्. एस्सी. (१९१५) पदवी संपादन केल्यावर त्यांनी लंडन विद्यापीठाची डी. एस्सी. पदवीही मिळविली होती (१९१९).

ताऱ्यांच्या वातावरणाविषयीचे त्यांचे संशोधन मौलिक स्वरूपाचे आहे. याद्वारे त्यांनी तारकीय वर्णपटांचे स्पष्टीकरण दिले. सूर्याच्या वर्णपटात काही रेषा जाड का दिसतात, हे त्यांनी स्पष्ट केले. उच्च तापमानामुळे पदार्थातील अणूंचे आयनीभवन म्हणजे विद्युत्भारित कणांत (अणूंत) रूपांतर होते आणि या आयनीभवनामुळे वर्णपटात बदल होतात, असे त्यांनी प्रतिपादिले. शिवाय केवळ उच्च तापमानामुळेच आयनीभवन होणे असे नाही, तर घटत्या दाबानुसार ते वाढत जाते, हेही त्यांनी शोधून काढले. हा शोध त्यांनी सूत्रबद्ध केला व तोच 'साहा समीकरण' म्हणून ओळखला जातो. अशा प्रकारे त्यांनी ग्रहतारे व अणू यांच्यात नाते जोडले. परिणामी कॉम्पटन या शास्त्रज्ञांनी साहा यांचे नाव नोबेल पारितोषिकासाठी सुचविले होते. त्यांच्या आयनीभवन सिद्धांताचा

अनुक्रमणिका

रेडिओ तरंगांचे प्रक्षेपण, स्फोटक क्रिया इत्यादींमध्ये व्यावहारिक उपयोगही झाला. प्रकाशदाबाविषयीचे त्यांचे संशोधन मूलभूत स्वरूपाचे असून त्यांनी तो मोजण्याचे उपकरणही बनविले होते. याशिवाय अणूची रचना व किरणोत्सर्गी विघटन यांविषयी त्यांनी महत्त्वाचे संशोधन केले होते. जर्मन भाषा शिकून त्यांनी आइन्स्टाइन यांच्या प्रबंधाचा अनुवाद केला होता.

नॅशनल इन्स्टिटयूट ऑफ सायन्सेस, ॲकॅडेमी ऑफ सायन्सेस, इंडियन फिजिकल सोसायटी, इन्स्टिटयूट ऑफ न्यूक्लिअर फिजिक्स (कलकत्ता) इत्यादी संस्था उभारण्यात त्यांचा वाटा मोठा आहे. पैकी शेवटच्या संस्थेचे ते संचालक होते व पुढे तिला त्यांचेच नाव देण्यात आले. भारतीय विज्ञान परिषद (१९३४), नॅशनल इन्स्टिटयूट ऑफ सायन्स (१९३७–३८), पंचांग सुधार समिती वगैरेंचे अध्यक्षपद; इंडियन असोसिएशन फॉर द कल्टिव्हेशन ऑफ सायन्सचे संचालकपद (१९५५–५६); लंडनची रॉयल सोसायटी (१९२७), विद्यापीठ अनुदान आयोग इत्यादींचे सदस्यत्व; कलिंग पुरस्कार (१९४१) वगैरे अनेक सन्मान त्यांना लाभले. १९३५ साली त्यांनी 'सायन्स अँड कल्चर' हे नियतकालिक सुरू केले. त्यांनी पाच पुस्तके व अनेक लेख लिहिले. ते पहिल्या राष्ट्रीय नियोजन मंडळाचे एक सल्लागार होते आणि १९५२ साली ते लोकसभेवर स्वतंत्रपणे निवडून आल्याने पहिल्या संसदेचे सदस्य झाले होते. त्यांनी दामोदर खोरे योजनेत लक्ष घालून ती योजना लवकर मार्गी लावण्यासाठी प्रयत्न केले होते. ते १६ फेब्रुवारी १९५६ रोजी दिल्ली येथे निधन पावले.

चंद्रशेखर वेंकट रामन :

७ नोव्हेंबर १८८८ रोजी त्रिचनापल्ली येथे रामन यांचा जन्म झाला. १९०७ साली मद्रास विद्यापीठाची एम्. ए. पदवी संपादन केल्यावर त्यांनी काही काळ सरकारच्या अर्थखात्यात कलकत्ता येथे नोकरी केली. तेव्हा ही नोकरी सांभाळून ते इंडियन सायन्स असोसिएशन येथे संशोधनही करीत असत. नंतर ते कलकत्ता विद्यापीठात भौतिकीचे प्राध्यापक (१९१७–३३) व इंडियन इन्स्टिटयूट ऑफ सायन्सचे संचालक (१९३३–४३) होते. शेवटी त्यांनीच स्थापन केलेल्या रामन रिसर्च इन्स्टिटयूटचे ते त्यांच्या मृत्यूपर्यंत (२१ नोव्हेंबर १९७०) संचालक होते. ते निर्व्यसनी, शाकाहारी व विनोदाची आवड असलेले शास्त्रज्ञ होते. त्यांना साहित्याची गोडी होती व रामायण, महाभारत हे त्यांचे आवडते ग्रंथ होते. त्यांनी आपल्याच पोटजातीतील मुलीशी (लंकासुंदरी) विवाह केल्याने त्यांच्यावर त्या काळात टीका झाली होती.

प्रकाशतरंगांचा पदार्थाच्या रेणूवर काय परिणाम होतो व हा परिणाम रेणूच्या अंतर्गत रचनेवर कसा अवलंबून असतो, हे त्यांनी शोधून काढले. त्यांच्या या शोधालाच नोबेल पारितोषिक मिळाले व अशा तऱ्हेने नोबेल पारितोषिक मिळविणारे ते पहिले भारतीय शास्त्रज्ञ ठरले. या शोधाला पुढे 'रामन परिणाम' म्हणण्यात येऊ लागले. प्रकाशाला दाब असतो व प्रकाश रेणूंवर आपटल्याने त्यांना धक्का बसतो, हे यावरून दिसून आले. प्रकाश रेणूवर आपटल्याने त्याच्या वर्णपटात बदल होतात. कारण पदार्थावर पडलेल्या प्रकाशाचे विकीरण होते व विकीरित प्रकाशाच्या वर्णपटात नवीनच म्हणजे मूळ प्रकाशाच्या वर्णपटात नसलेले वर्ण दिसतात. या नव्या प्रकाशाला 'रामन प्रकाश' म्हणून ओळखण्यात येते व वर्णपटविज्ञानाच्या या शाखेला 'रामन वर्णपटविज्ञान' असे संबोधिण्यात येते. रेणूतील अणूंमध्ये असलेल्या बंधांविषयीची माहिती या परिणामामुळे मिळू शकते. म्हणून हा परिणाम घनरूप, द्रवरूप व वायुरूप अशा सर्व पदार्थांची रेणवीय रचना व रासायनिक संघटन यांच्या अभ्यासात उपयुक्त ठरला आहे.

रामन यांनी प्रकाशाच्या विवर्तनाचाही अभ्यास केला. तसेच स्फटिकांचे व रत्नांचे संशोधन हा त्यांच्या आवडीचा विषय होता. यांशिवाय त्यांनी फुलांच्या रंगांविषयी व ध्वनिशास्त्रविषयक संशोधनही केले. भारतीय वाद्यांविषयी (उदाहरणार्थ, सतार, दिलरुबा, तंबोरा, मृदंग, तबला) संशोधन करून त्यांनी प्रमाणबद्धता हे भारतीय वाद्यांचे वैशिष्ट्य असल्याचे दाखवून दिले होते. ते स्वतः व्हायोलीन चांगले वाजवीत असत. इंडियन ॲकॅडेमी ऑफ सायन्सेस ही संस्था स्थापण्यात त्यांनी पुढाकार घेतला होता व ते तिचे अध्यक्षही झाले

अनुक्रमणिका

(१९३४). तसेच 'इंडियन जर्नल ऑफ फिजिक्स' व 'करंट सायन्स' या नियतकालिकांचे ते संस्थापक संपादक होते. शिवाय भारतात वैज्ञानिक संशोधनाची आवड निर्माण व्हावी म्हणून आणि त्यासाठी अशा संस्था स्थापून त्यांना मदत मिळावी यासाठी त्यांनी खूप प्रयत्न केले. त्यांनी पाच पुस्तके व अनेक लेख लिहिले.

नोबेल पारितोषिकाखेरीज त्यांना पुढील सन्मानही मिळाले होते : रॉयल सोसायटी (१९२४), सोव्हिएट अकॅडेमी ऑफ सायन्सेस (१९४७), पॅरिस अकॅडेमी ऑफ सायन्सेस (१९४९) इत्यादी संस्थांचे सदस्यत्व; भारतीय विज्ञान परिषदेचे अध्यक्षपद (१९२८); सर हा किताब; राष्ट्रीय प्राध्यापकपद (१९४९); भारतरत्न हा सर्वोच्च बहुमान; लेनिन पारितोषिक (१९५७); मॅथ्यूची (१९२९), ह्यूजेस (१९३०), फ्रँक्लिन वगैरे पदके आणि अनेक विद्यापीठांच्या व संस्थांच्या सन्माननीय पीएच्. डी. व डी. एस्सी. या पदव्या.

सर मोक्षगुंडम् विश्वेश्वरअय्या :

(१८६१-१९६१) या कुशाग्र बुद्धीच्या अभियंत्याचा जन्म मदनहळ्ळी येथे व मृत्यू बंगलोर येथे झाला. बंगलोर व पुणे येथे शिक्षण झाल्यावर मुंबई इलाख्याच्या बांधकामविभागात १८८४ ते १९०४ या काळात त्यांनी अभियंता म्हणून काम केले. पुढे १९१२ पर्यंत ते निजाम सरकारचे सल्लागार होते. शेवटी त्यांनी म्हैसूर संस्थानचे मुख्य अभियंता व दिवाण म्हणून काम केले.

खडकवासला धरणावरील स्वयंचलित पूरनियंत्रक दरवाज्यांची कल्पना त्यांचीच आहे. सिंचनामधील पाणीवाटपाची विभाग वा गट (ब्लॉक) पद्धत त्यांनीच शोधून काढली. जमिनीत तुंबून रहाणाऱ्या पाण्याचा निचरा करण्याचे उपाय त्यांनी सुचविले होते. म्हैसूर संस्थानात त्यांनी उद्योगधंदे व तंत्रशिक्षणाच्या संस्थांची उभारणी केली. तसेच भद्रावती येथील लोखंड व पोलादाचा कारखाना भरभराटीला आणिला. कावेरी नदीवर धरण बांधून कृष्णराज हा प्रचंड जलाशय व त्याच्याखाली उद्यान (वृंदावन) निर्माण करण्याची योजना त्यांचीच होती. याशिवाय मुंबई इलाख्याची तंत्र व औद्योगिक समिती (१९२१), मुंबई महापालिका काटकसर समिती (१९२४) व हिंदुस्थानची आर्थिक समिती (१९२५) यांचे अध्यक्ष तसेच बॅक बे रिक्लेमेशन समितीचे सदस्य म्हणून त्यांनी केलेले कार्यही महत्त्वाचे आहे. ते अखिल भारतीय कामगार संघाचे अध्यक्ष होते. रिकन्स्ट्रक्टिंग इंडिया, लँड इकॉनॉमी फॉर इंडिया व प्रॉस्पॅरिटी थ्रू इंडस्ट्री ही त्यांची पुस्तकेही महत्त्वाची आहेत.

शांतिस्वरूप भटनागर :

भारताच्या औद्योगिक विकासाला चालना देणाऱ्या या रसायनशास्त्रज्ञांचा जन्म भेडा येथे दि. २१ फेब्रु. १८९४ रोजी झाला. फोरमन ख्रिश्चन महाविद्यालयांतून एम्. एस्सी. झाल्यावर (१९१८) ते लंडन विद्यापीठात दाखल झाले व तेथून डी. एस्सी. ही पदवी त्यांनी १९२१ साली मिळविली. त्यांनी बनारस व लाहोर विद्यापीठांत रसायनशास्त्राचे प्राध्यापक म्हणून काम केले व पुढे भारतसरकारच्या सेवेत विविध पदांवर त्यांनी काम केले. त्यांचे वैयक्तिक संशोधन व देशाच्या संदर्भात केलेले काम, अशी त्यांच्या कार्यांची विभागणी करता येण्यासारखी आहे.

पदार्थांचे चुंबकीय गुणधर्म आणि त्याची आणवीय-रेवणीय रचना यांच्यात परस्परसंबंध असतात. या परस्परसंबंधांचा अभ्यास रसायनशास्त्राच्या ज्या शाखेत केला जातो, तिला चुंबकीय रसायनशास्त्र असे म्हणतात. भटनागर यांच्या संशोधनाची सुरुवात या शाखेतील संशोधनाने झाली (१९२६). यातूनच त्यांनी के. एन. माथूर यांच्या मदतीने चुंबकीय व्यतिकरण संतुलनमापक हे उपकरण बनविले व त्याचे एकस्व मिळविले. या उपकरणाला 'भटनागर-माथुर चुंबकीय तराजू' असेही म्हणतात. या दोघांनी मिळून 'प्रिन्सिपल्स अँड ॲप्लिकेशन्स ऑफ मॅग्नेटो केमिस्ट्री' (१९३५) नावाचे पुस्तक लिहिले. हे चुंबकीय रसायनशास्त्रावरचे पहिले पुस्तक होय. नंतर भटनागर यांनी आपले लक्ष औद्योगिक संशोधनाकडे व लेखनाकडे वळविले. त्याकरिता पंजाब विद्यापीठात खास प्रयोगशाळा उभारली. यातून त्यांनी करवंट्या, मळी वगैरे निरुपयोगी वस्तूंचा उपयोग करून घेण्यासाठी संशोधन केले. त्यांनी पदवी संपादण्यापूर्वीच डुप्लिकेटर यंत्राकरिता चरबीचा वापर करता येणे शक्य असल्याचे दाखविले होते. पोचा न येणारी धातूची भांडी, बिनारी

अनुक्रमणिका

वायुप्रतिबंधक रोगण, मिश्र प्लॅस्टिक सूर्यशेंगडी, रंग, औषधे, स्टेनलेस स्टील, कार्बन विद्युत्‌अग्रे, ग्रॅफाइट इत्यादींच्या संदर्भात त्यांनी संशोधन केले. तसेच कलील रसायनशास्त्रातील त्यांचे संशोधनही महत्त्वाचे आहे. अशा प्रकारे त्यांनी अनेक उपकरणे व रासायनिक प्रक्रिया यांची एकस्वे मिळविली होती.

काउन्सील ऑफ सायंटिफिक अँड इंडस्ट्रियल रिसर्च या संघटनेचे पहिले संचालक (१९५०), नैसर्गिक साधनसंपत्ती व वैज्ञानिक संशोधन खात्याचे पहिले सचिव (१९५१), अखिल भारतीय तांत्रिक शिक्षण मंडळाचे सचिव (१९५४), स्वतंत्र भारताचे विज्ञानसंघटक, विद्यापीठ अनुदान मंडळाचे पहिले अध्यक्ष आणि अणुशक्ती आयोगाचे सदस्य, सचिव अशा विविध पदांवर त्यांनी काम केले. त्यामुळे भारतातील औद्योगिक विकास, तांत्रिक शिक्षण, वैज्ञानिक संशोधन इ. क्षेत्रांतील सरकारच्या धोरणावर त्यांच्या कार्याची छाप पडली. त्यांच्याच प्रेरणेने भारतातील पहिली राष्ट्रीय प्रयोगशाळा म्हणजे पुण्यातील नॅशनल केमिकल लॅबोरेटरी १९५० साली स्थापन झाली आणि पुढे आणखी १३ राष्ट्रीय प्रयोगशाळा उभारण्यात आल्या. तसेच त्यांनी वैज्ञानिक संशोधन केंद्रांचे जाळेच देशभर निर्माण केले. या प्रयोगशाळा व केंद्रे यांची उभारणी ही त्यांची देशाच्या दृष्टीने सर्वांत बहुमोल अशी कामगिरी आहे. अर्थात हे सर्व करीत असताना त्यांचे स्वतःचे संशोधनही चालूच होते व त्यांनी सुमारे १७० च्या वर शोधनिबंध लिहिले. तसेच 'इलमुलबर्क' हा विद्युत्‌शास्त्रावरील उत्कृष्ट ग्रंथही लिहिला. शिवाय ते केवळ शास्त्रज्ञच नव्हते, तर कवीही होते, हे त्यांच्या 'लाजवंती' या उर्दू कवितासंग्रहावरून दिसून येते.

ऑर्डर ऑफ दि ब्रिटिश एंपायर (१९३६), नाइट (१९४१), रॉयल सोसायटीचे सदस्य झालेले पहिले भारतीय रसायनशास्त्रज्ञ (१९४३), सोसायटी ऑफ केमिकल इंडस्ट्रीजचे सदस्य (१९४३) व उपाध्यक्ष, इन्स्टिटयूट ऑफ केमिस्ट्स ऑफ ग्रेट ब्रिटनचे पहिले भारतीय सदस्य, भारतीय विज्ञान परिषदेचे अध्यक्ष (१९४५), पद्मविभूषण आणि विविध विद्यापीठांच्या सन्माननीय पदव्या वगैरे सन्मान त्यांना लाभले. त्यांचे निधन नवी दिल्ली येथे १ जानेवारी १९५५ रोजी झाले. त्यांच्या स्मरणार्थ कौन्सिल ऑफ सायंटिफिक अँड इंडस्ट्रियल रिसर्च या संघटनेतर्फे १९५७ पासून दरवर्षी ५-६ 'भटनागर स्मृतिपारितोषिके' (वा पुरस्कार) दिली जातात.

होमी जहांगीर भाभा :

भारताच्या अणुऊर्जाविषयक धोरणाची दिशा निश्चित करणारे व अणुऊर्जा केवळ विधायक कामासाठी वापरावी या मताचा हिरोशिमावर अणुबाँब पडण्यापूर्वीपासून पाठपुरावा करणारे थोर शास्त्रज्ञ म्हणून भाभांच्या कार्याला विशेष महत्त्व आहे.

भाभा यांचा जन्म मुंबईला एका श्रीमंत पारशी कुटुंबात ३० ऑक्टोबर १९०९ रोजी झाला. त्यांचे आधीचे शिक्षण कॅथिड्रल व जॉन कॉनन हायस्कूलमध्ये झाले. नंतर काही काळ ते मुंबईच्या एल्फिन्स्टन महाविद्यालयात व इन्स्टिटयूट ऑफ सायन्समध्ये शिकले. त्यांना लहानपणापासूनच संगीत व चित्रकला यांविषयी विशेष गोडी वाटत होती. परंतु वडिलांच्या इच्छेखातर त्यांनी अभियांत्रिकी व तंत्रविद्या या विषयांचे अध्ययन करण्याचे ठरविले. त्याकरिता ते केंब्रिज येथील गॉनव्हिले अँड कायस कॉलेजात दाखल झाले व तेथून ते मेकॅनिकल सायन्सेस ट्रायपॉस ही परीक्षा उत्तीर्ण झाले. (१९३०). १९३४ साली त्यांनी केंब्रिज विद्यापीठाची पीएच्. डी. पदवी संपादन केली. काही काळ त्यांनी डिरॅक या नोबेल पारितोषिक विजेत्या भौतिकीविज्ञांच्या मार्गदर्शनाखाली अध्ययन व संशोधन केले. डिरॅक यांच्या प्रभावामुळे ते आणवीय भौतिकी या विषयाकडे वळले. याच सुमारास त्यांचा अनेक ख्यातनाम भौतिकीविज्ञांशी व त्यांच्या संशोधनकार्याशी प्रत्यक्ष संबंधही आला होता. १९४० साली ते बंगलोरच्या इन्स्टिटयूट ऑफ सायन्समध्ये दाखल झाले व १९४२ साली ते तेथे प्राध्यापकही झाले. मात्र मूलभूत संशोधनाविषयीच्या ओढीमुळे त्यांनी टाटा इन्स्टिटयूट ऑफ फंडामेंटल रिसर्च ही संस्था उभारण्यात पुढाकार घेतला व ते तिचे संचालक झाले. पुढील काळात ते अणुऊर्जा आयोगाचे अध्यक्ष, अणुऊर्जा खात्याचे सचिव, भारत सरकारचे वैज्ञानिक सल्लागार होते. या नीरस म्हणता येतील अशा कामांमध्येही त्यांनी





आपल्या कलासक्त मनाचा तजेला टिकवून ठेवला होता. ते उत्तम चित्रे काढीत, संगीतात डुंबून जात आणि वास्तुशिल्पाविषयी आस्था बाळगीत असत. त्यांनी उभारलेल्या संस्थांवर, त्यांच्या या कलाप्रेमी वृत्तीचा ठसा उमटलेला दिसतो.

ॲडॅम्स, हॉपकिन्स वगैरेसारखी पारितोषिके, फेलो ऑफ रॉयल सोसायटी (लंडन व एडिंबर्ग), भारतीय विज्ञान परिषदेचे अध्यक्षपद, पद्मभूषण वगैरेसारखे बहुमान आणि विविध देशी व परदेशी विद्यापीठांच्या सन्माननीय पदव्या यांद्वारे त्यांच्या कार्याचा उचित गौरव झाला आहेच. शिवाय त्यांच्या अपघाती मृत्यूनंतर (२४ जानेवारी १९६६) तुर्भे येथील संशोधन केंद्राचे नामकरण 'भाभा अणु संशोधन केंद्र' असे करण्यात आले व त्यांच्या नावाने विकास योजनांकरिता एक निधी उभारण्यात आला होता. या निधीला फोर्ड फाउंडेशनने मदत केली होती. भाभा यांच्या कार्याचे पुढील तीन भाग पाडता येण्यासारखे आहेत. त्यांचे केवळ वैज्ञानिक संशोधन, अणुऊर्जेच्या शांततामय उपयोगासाठी त्यांनी केलेले कार्य आणि भारतातील अणुऊर्जाविषयक कार्याची उभारणी.

इलेक्ट्रॉन व पॉझिट्रॉन हे अणूचे घटक मूलकण असून त्यांचे द्रव्यमान सारखे असते; परंतु त्याच्यावर अनुक्रमे ऋण व धनविद्युत्भार असतो. जेव्हा या दोन कणांचे एकमेकांवर आघात होतात व ते विखुरले जातात तेव्हा विखुरले जाण्यासाठी एक लक्षणीय क्षेत्रफळ उपलब्ध होत असते. या क्षेत्रफळाला वैज्ञानिक परिभाषेत प्रकीर्णनाचा काटच्छेद म्हटले जाते. या काटच्छेदाचे गणन करण्याचे भाभांचे कार्य हे त्यांचे पहिले संशोधन होय. त्यामुळे याला 'भाभा प्रकीर्णन' असे संबोधण्यात येते.

अवकाशातून सर्व दिशांनी पृथ्वीवर अतिशय भेदक किरण येत असतात, त्यांना प्राथमिक विश्वकिरण म्हणतात. हे किरण वातावरणात घुसताना त्यांचा हवेतील अणूंवर आघात होत असतो. परिणामी इलेक्ट्रॉन निर्माण होतात व हे इलेक्ट्रॉन मूळ विश्वकिरणांच्या दिशेत अतिशय वेगाने पुढे जातात. त्यांना द्वितीयक इलेक्ट्रॉन वर्षाव म्हटले जाते. या वर्षावाचे कोडे पन्नास वर्षे शास्त्रज्ञांना सतावीत होते. तथापि भाभा व डब्ल्यू. हाइटलर या दोघांनी मिळून या वर्षावाचे पुढील प्रकारे स्पष्टीकरण दिले. अवकाशातून येणाऱ्या प्राथमिक विश्वकिरणांतील प्रोटॉन हे उच्च ऊर्जायुक्त कण हवेच्या अणूंवर आदळतात व त्यांमधील क्रियेतून शेवटी गॅमा किरण निर्माण होतात. योग्य परिस्थितीत गॅमा किरणांचे पुनश्च इलेक्ट्रॉन–पॉझिट्रॉन युग्मांत रूपांतर होते. या दोन्ही निर्मितीच्या क्रिया एकापाठोपाठ पुनःपुन्हा होत असतात. त्यामुळे भूपृष्ठालगतच्या भागांतील इलेक्ट्रॉनांची संख्या खूप वाढते म्हणजे इलेक्ट्रॉन वर्षाव होतो. या स्पष्टीकरणाला 'भाभा–हाइटलर सिद्धांत' असे संबोधण्यात येते.

मेसॉन नावाच्या मूलकणाचे अस्तित्व ओळखण्यासाठी भाभांच्या संशोधनाची फार मदत झाली आहे. या मूलकणाच्या शोधासाठी पुढे हिडेकी युकावा यांना नोबेल पारितोषिक मिळाले. भाभा यांनी संशोधनपर असे विपुल लिखाणही केले आहे. त्यांचा पहिला लेख १९३३ साली प्रसिद्ध झाला. त्यांचे ५० हून अधिक लेख उच्च ऊर्जा भौतिकीसंबंधीचे आहेत. पुंजसिद्धांत, मूलकण व वैश्विक प्रारण यांविषयीचे त्यांचे लेखन प्रसिद्ध झाले आहे.

अणुऊर्जा केवळ शांततामय कामासाठीच वापरली जावी या मताचा पुरस्कार त्यांनी हिरोशिमावर अणुबाँब टाकला जाण्यापूर्वीपासूनच केला होता. १९५५ साली संयुक्त राष्ट्रांनी अणुऊर्जेच्या शांततामय उपयोगांवर पहिली आंतरराष्ट्रीय परिषद भरविली होती व भाभा हे तिचे अध्यक्ष होते. त्या परिषदेत त्यांनी अणुऊर्जेच्या निर्मितीवर आंतरराष्ट्रीय नियंत्रण असले पाहिजे व अण्वस्त्रांची निर्मिती न करण्याचा निश्चय प्रत्येक राष्ट्राने केला पाहिजे, असे ठामपणे सांगितले होते. अणुऊर्जा हा मानवाला सापडलेला अमर्याद ऊर्जेचा साठा आहे, असेही त्यांचे मत होते. अर्थात किरणोत्सर्गी खनिजांच्या मर्यादित साठ्यांची व अणुऊर्जा निर्मितीतून उत्पन्न होणाऱ्या टाकाऊ पदार्थांच्या विल्हेवाटीची त्यांना कल्पना होती. त्यावर त्यांनी तीन प्रकारच्या अणुभट्ट्या वापरण्याचा उपाय सुचविला होता. आंतरराष्ट्रीय अणुऊर्जा संस्थेच्या (एजन्सीच्या) वैज्ञानिक सल्लागार समितीचे सदस्य असतानाही

त्यांनी आपल्या या मतांचा सातत्याने हिरीरीने पुरस्कार केला होता.

भाभा याना भारताच्या अणुऊर्जाविषयक धोरणाचे शिल्पकार म्हणता येऊ शकेल. कारण ते भारताच्या अणुऊर्जा आयोगाचे पहिले अध्यक्ष (१९४८), स्वतंत्र अशा अणुऊर्जा खात्याचे पहिले सचिव (१९५४), भारतातील पहिल्या अणुभट्टीच्या उभारणीचे शिल्पकार (१९५६) होते. त्यांनी मूलभूत संशोधनाचे महत्त्व ओळखून टाटा इन्स्टिट्यूट ऑफ फंडामेंटल रिसर्च या विश्वविख्यात संस्थेची उभारणी करण्यात पुढाकार घेतला व संस्थेच्या सुरुवातीच्या काळात तिच्या संचालकपदाची जबाबदारी स्वीकारून भारतातील मूलभूत [illegible]ोधनाला निश्चित दिशा दिली. तसेच भारता[illegible]ल अवकाश संशोधन कार्याचा पाया घालण्याचे [illegible]ार्यही त्यांनी केले आहे. भारत सरकारच्या इलेक्ट्रॉनिकीविषयीच्या समितीचे आणि केंद्रीय मंत्रिमंडळास विज्ञानविषयक सल्ला देणाऱ्या समितीचेही ते अध्यक्ष होते. याशिवाय अतिशय महत्त्वाची म्हणता येईल अशी गोष्ट म्हणजे भारताच्या पहिल्या पंतप्रधानांशी त्यांची असणारी वैचारिक जवळीक आणि उभयतांमध्ये असलेले सामंजस्य. या सर्व गोष्टींचा परिणाम भारताने स्वीकारलेल्या विज्ञान व तंत्रविद्याविषयक धोरणावर निश्चितच झाला आहे. अशा प्रकारे भारताने केलेल्या वैज्ञानिक व तांत्रिक प्रगतीतील भाभांचा वाटा मोठा व महत्त्वाचाही आहे. स्वित्झर्लंडमधील माँट ब्लांक या शिखरावर विमान कोसळून भाभांचे अकाली निधन झाले. त्यांचा हा अपघाती मृत्यू केवळ भारताच्याच नव्हे तर जागतिक वैज्ञानिक संशोधनाच्या व वैज्ञानिक विचारांच्या दृष्टीनेही हानिकारक म्हणावा लागेल.

दौलतसिंग कोठारी :

भारताच्या संरक्षण खात्यातील तंत्रविद्याविषयक आस्थापना विभाग व प्रयोगशाळा यांची उभारणी करण्यात यांचा वाटा सिंहाचा आहे. कोठारींचा जन्म ६ जुलै १९०६ रोजी झाला. त्यांनी अलाहाबाद विद्यापीठाची एम्. एस्सी. व केंब्रिज विद्यापीठाची पीएच्. डी. पदवी संपादन केली. दिल्ली विद्यापीठात प्राध्यापक (१९३४–४८), संरक्षण खात्याचे वैज्ञानिक सल्लागार (१९४८–६१), विद्यापीठ अनुदान आयोगाचे अध्यक्ष (१९६१) व केंद्रीय शिक्षण समितीचे अध्यक्ष (१९६४) ही त्यांनी भूषविलेली प्रमुख पदे होत. इंडियन फिजिकल सोसायटीचे अध्यक्षपद, नॅशनल इन्स्टिटयूट ऑफ सायन्सेस ऑफ इंडियाचे उपाध्यक्षपद, पद्मभूषण (१९६२), इंडियन सायन्स काँग्रेसचे अध्यक्षपद (१९६३) इत्यादी सन्मान त्यांना मिळाले आहेत. त्यांनी सांख्यिकीय, उष्मागतिकी, लघुतम ताऱ्याविषयीचा सिद्धांत वगैरे विषयांवर अनेक लेख लिहिले असून 'न्यूक्लिअर एक्सप्लोझिव्ह्ज् अँड देअर इफेक्ट्स' हे त्यांनी संपादित केलेले पुस्तक वैज्ञानिक जगतात विशेष गाजले होते.

द्रव्याचे तापमान सलगपणे वाढवीत गेल्यास त्याचा प्रथम वायू, नंतर साधी संयुगे, तदनंतर घटक मूलद्रव्यांचे रेणू, मग अणू व शेवटी विद्युत्भारित अणू म्हणजे आयन व इलेक्ट्रॉन निर्माण होत जातात. उष्णतेऐवजी केवळ दाबाद्वारे अणूचे तुकडे करून आयनीकरण करणे शक्य असल्याचे त्यांनी सर्वप्रथम दाखवून दिले. त्यांच्या या मताला 'दाब आयनीकरण सिद्धांत' म्हणतात. यानुसार पूर्णतया 'थंड' द्रव्याच्या बाबतीत हा दाब दर चौरस सेंटीमीटरला कोटयवधी किलोग्रॅम एवढा (म्हणजे पृथ्वीच्या मध्याशी असलेल्या दाबाच्याही अनेक पट) असेल. अर्थात पृथ्वीवर एवढा दाब असणे वा निर्माण करणे शक्य नाही. मात्र लघुतम ताऱ्यांमध्ये एवढा दाब असतो. त्यामुळे तेथील द्रव्य हे अणूची केंद्रे व इलेक्ट्रॉन ही पूर्णपणे एकमेकांजवळ येऊन बनलेले असेल. द्रव्याच्या या अवस्थेला 'ऱ्हसित द्रव्य' म्हणतात; याला आयनीभूत द्रव्य असेही म्हणता येईल. अशा लघुतम ताऱ्याची त्रिज्या गुरूच्या त्रिज्येपेक्षा जास्त असणार नाही, असेही त्यांनी दाखविले.

संरक्षणविषयक सल्लागार झाल्यावरचे त्यांचे संशोधन हे पुष्कळ प्रमाणात गुप्त राहाणे साहजिकच होते. अर्थात त्यांच्या वरील संशोधनाचा उपयोग त्यांनी शस्त्रांच्या भेदनक्षमतेचे शास्त्र जाणून घेण्यासाठी केला. काडतुसातील दारू व गोळी यांमधील पोकळीभोवती पातळ पत्र्याचे अस्तर असते. दारूच्या स्फोटाने निर्माण होणाऱ्या दाबाच्या प्रभावाखाली या अस्तराच्या धातूचे वर्तन

अनुक्रमणिका

कसे होत असते, हे अभ्यासण्यासाठी त्यांनी वरील सिद्धांताचा उपयोग केला होता.

संरक्षणखात्यात राहून केलेले त्यांचे इतर संशोधन गुप्त स्वरूपाचे आहे. मात्र या खात्यातील तंत्रविद्याविषयक आस्थापना विभाग व या खात्याशी निगडित असलेल्या प्रयोगशाळा (उदा., हैदराबाद येथील डिफेन्स मेटॅलर्जिकल रिसर्च लॅबोरेटरी) यांची उभारणी करण्याचा कार्यक्रम यशस्वीपणे पार पाडण्यात त्यांनी खूप परिश्रम घेतले. याकरिता प्राक्षेपिकी, इलेक्ट्रॉनिकी, धातुविज्ञान, अपघातप्रवणता, मृदास्थैर्य, वैमानिकी, अन्नाचे परिरक्षण यांसारख्या अगदी भिन्न प्रकारच्या विविध विषयांचा अभ्यास होणे आवश्यक होते. तसेच साधनसंपत्तीच्या कमतरतेला तोंड द्यावे लागत होते. शिवाय शास्त्रज्ञ व सेनाधिकारी यांच्यात सांघिक भावना निर्माण करणेही आवश्यक होते. या सर्व गोष्टी साध्य करण्यासाठी केवळ तांत्रिक कौशल्य पुरेसे नव्हते, तर या कौशल्याला विचारांची जोड देणे आवश्यक होते. यामध्ये ते यशस्वी झाले; कारण संरक्षणविज्ञानविषयक संघटनेचे प्रमुख म्हणून असतानाच्या आपल्या दहा वर्षांच्या कारकीर्दीत त्यांनी या कार्याला निष्ठेने वाहून घेतले होते. अशा प्रकारे देशाला संरक्षणविषयक बाबींमध्ये स्वयंपूर्णतेच्या मार्गावर आणण्याच्या कामी कोठारींनी बहुमोल कामगिरी केली आहे.

हे काम करीत असतानाही त्यांचे दिल्ली विद्यापीठाशी जिव्हाळ्याचे संबंध होते. त्यांच्यामुळेच या विद्यापीठाला एक प्रकारची प्रतिष्ठा व ख्याती प्राप्त झाली. विद्यापीठ अनुदान आयोगाचे व केंद्रीय शिक्षण समितीचे अध्यक्ष असताना त्यांनी जे शिक्षणविषयक कार्य केले तेही महत्त्वाचे आहे.

विक्रम अंबालाल साराभाई :

भाभा यांनी भारताला अणुयुगाची दारे उघडून दिली, तर साराभाई यांनी या देशाला अवकाशयुगात प्रवेश मिळवून दिला, असे म्हणता येईल. यांचा जन्म एका श्रीमंत घराण्यात १२ ऑगस्ट १९१९ रोजी अहमदाबाद येथे झाला. त्यांचे आधीचे शिक्षण घरीच उभारलेल्या प्रयोगशाळेतही झाले. १९३९ साली ते केंब्रिज विद्यापीठाची निसर्गविज्ञान शाखेची ट्रायपॉस ही परीक्षा उत्तीर्ण झाले. नंतर एम. ए. (१९४२) व पीएच्. डी. (१९४७) या पदव्या त्यांनी मिळविल्या. काही काळ त्यांनी सी. व्ही. रामन यांच्या मार्गदर्शनाखाली विश्वकिरणांचे संशोधन केले. पुढे त्यांनी अहमदाबाद येथे फिजिकल रिसर्च लॅबोरेटरी ही प्रयोगशाळा उभारली (१९४७) व तेथेच आपले संशोधन चालू ठेवले. अद्ययावत यंत्रसामग्री व उपकरणे यांनी सुसज्ज असलेल्या या प्रयोगशाळेकडे आंतरराष्ट्रीय भूभौतिकीय वर्षात एक प्रकल्प सोपविण्यात आला होता. ते या प्रयोगशाळेचे संचालकही झाले (१९६५).

उद्योगधंद्याविषयीचा अनुभव व व्यापारातील कौशल्य त्यांच्या अंगी होतेच. त्याचा त्यांना पुढील आयुष्यात उपयोग झाला. अहमदाबाद टेक्सटाइल इंडस्ट्रीज रिसर्च असोसिएशन ही संस्था स्थापन करून त्यांनी भारतातील कापडधंद्यातील संशोधनाचा पाया घातला. ते या संस्थेचे १९४७–५५ या काळात अध्यक्ष होते. त्यांनी अहमदाबाद येथील इंडियन इन्स्टिटयूट ऑफ मॅनेजमेंट या संस्थेची उभारणी करण्यात पुढाकार घेतला व ते तिचे १९६२–६५ या काळात सन्मान्य संचालकही होते. विज्ञानविषयक शिक्षणाचा दर्जा उंचावला जावा या हेतूने त्यांनी नेहरू प्रतिष्ठानच्या मदतीने अहमदाबाद येथे समाजविज्ञान केंद्र स्थापन केले. पुढे त्याचे 'विक्रम ए. साराभाई कम्युनिटी सायन्स सेंटर' असे नामकरण करण्यात आले. भारतामध्ये पग्वाश समिती स्थापन करण्यातही त्यांनी पुढाकार घेतला होता.

साराभाई यांनी भारतातील अवकाशविषयक संशोधनाला संघटित असे रूप दिले व त्यामुळे या विज्ञानाच्या प्रगतीला योग्य दिशा व गती लाभली. स्पेस सायन्स टेक्नॉलॉजी सेंटर (थुंबा), श्रीहरिकोटा येथील रॉकेट उड्डाण केंद्र व अहमदाबाद येथील एक्स्परिमेंटल सॅटेलाइट कम्युनिकेशन अर्थ स्टेशन (१९६७) यांची उभारणी त्यांनीच केली व १९६३ सालीच थुंबा येथून पहिले रॉकेट यशस्वीपणे उडविण्यात आले. आर्वी येथील दळणवळण केंद्राची उभारणी करताना त्यांनी जास्तीत जास्त प्रमाणात देशी तंत्रज्ञांचा उपयोग केला. पुढे या केंद्राला 'विक्रम

अर्थ स्टेशन' असे नांव देण्यात आले. उटी येथील रेडिओ दूरदर्शक व्हेरिएबल एनर्जी सायक्लोट्रॉन हा प्रकल्प त्यांनी अशाच प्रकारे उभारला. देशी बनावटीचा उपग्रह तयार करण्याची योजनाही त्यांनी आखली होती. हे सर्व करीत असतानाच त्यांनी अणुऊर्जा आयोगाचे (दुसरे) अध्यक्ष म्हणून असलेली आपली जबाबदारीही उत्तम रीतीने पार पाडली (१९६६ पासून मृत्यूपर्यंत). यांशिवाय अवकाश संशोधनविषयक भारताची राष्ट्रीय समिती (१९६२), इलेक्ट्रॉनिक्स कार्पोरेशन ऑफ इंडिया (१९४७), भारतीय अवकाश संशोधनसंघटना यांचे अध्यक्ष तसेच केंद्रीय मंत्रिमंडळाची वैज्ञानिक सल्लागार समिती व विज्ञान व तंत्रविद्या समिती, संयुक्त राष्ट्र सल्लागार समिती, आंतरराष्ट्रीय सौरविज्ञान मंडळ इत्यादींचे ते सदस्य होते. शिवाय १९६१ सालापासून ते अमेरिकेतील मॅसॅच्युसेट्स इन्स्टिटयूट ऑफ टेक्नॉलॉजी या जगप्रसिद्ध संस्थेत अभ्यागत प्राध्यापक म्हणूनही जात असत. याच काळात त्यांनी आपल्या सहकाऱ्यांच्या मदतीने ५० च्या वर शोधनिबंधही लिहिले. बाह्य अवकाशांचा उपयोग केवळ शांततापूर्ण कार्यासाठीच व्हावा याकरिता सूचना करण्यासाठी संयुक्त राष्ट्रांतर्फे होणाऱ्या परिषदेची तयारी करण्यासाठी जी समिती स्थापन करण्यात आली होती, त्या समितीचे अध्यक्षपद साराभाईंना देण्यात आले होते. परंतु ही परिषद भरण्यापूर्वीच ३० डिसेंबर १९७१ रोजी त्यांचे त्रिवेंद्रम येथे निधन झाले. अशा तऱ्हेने संगीत व काव्य यांची गोडी असणारा, विनयशील, मृदुभाषी, शांत, मनमिळाऊ, सभ्य व मानवतावादी थोर शास्त्रज्ञ अकालीच आपल्यातून निघून गेल्याने देशाचे फार मोठे नुकसान झाले.

भटनागर स्मृति-पारितोषिक (१९६२), पद्मभूषण (१९६५), मेकॅनिकल एंजिनिअर्स असोसिएशनचे सुवर्णपदक (१९७२, मरणोत्तर) इत्यादी देशी सन्मान तर त्यांना मिळालेच; पण आंतरराष्ट्रीय खगोलशास्त्रविषयक संघटनेने त्यांच्या सन्मानार्थ चंद्रावरील एका स्थळाला 'साराभाई' असे नाव दिले आहे (सुधा गोवारीकर यांच्या याच अंकातील 'भारतीय अंतरिक्ष कार्यक्रम' या लेखात यांच्या कार्यांची अधिक माहिती आलेली आहे).

प्रशांतचंद्र महालनोबीस :

यांनी भारताच्या आर्थिक नियोजनाला आकार देण्याचे बहुमोल कार्य केले व संख्याशास्त्र या विषयाचा भारतात प्रसार व विकास केला. यांचा जन्म कलकत्ता येथे १९ जून १८९३ रोजी झाला. तेथील प्रेसिडेन्सी महाविद्यालयातून १९१२ साली पदवी संपादन केल्यावर ते केंब्रिजला गेले व तेथे गणित व निसर्गविज्ञान या विषयांची ट्रायपॉस परीक्षा उत्तीर्ण झाले. १९१५ साली ते केंब्रिज विद्यापीठाची एम. ए. पदवी मिळवून भारतात आले व आपल्याच महाविद्यालयात भौतिकीचे प्राध्यापक झाले. तेथे असतानाच त्यांना संख्याशास्त्र या विषयाची गोडी लागली. त्यांतूनच त्यांनी एक छोटी संख्याशास्त्रीय संस्था स्थापन केली (१९३१) व ते तिचे संचालक झाले. या इंडियन स्टॅटिस्टिकल इन्स्टिटयूटमध्ये आता हजारो विद्यार्थी शिक्षण घेत असतात. त्यांनी 'संख्या' नावाचे संख्याशास्त्रविषयक नियतकालिक सुरू केले (१९३३) व त्याचे ते प्रथमपासून संपादक होते. ते कलकत्ता विद्यापीठातील पदव्युत्तर संख्याशास्त्र विभागाचे प्रमुख (१९४५-४७) व प्रेसिडेन्सी महाविद्यालयाचे प्राचार्यही (१९४५-४८) झाले. त्यांनी संख्याशास्त्रात एक मापनपद्धती शोधून काढली व ती 'महालनोबीस डिस्टन्स' या नावाने ओळखली जाते. त्यांनी प्रयोगाची एक नवीन पद्धतीही शोधली; तसेच मोठ्या प्रमाणावरील नमुना पाहणीविषयीचा एक सिद्धांत मांडून त्याचे प्रात्यक्षिकही केले. त्यांच्या संख्याशास्त्रातील ज्ञानाचा उपयोग देशात तर झालाच; शिवाय परदेशातही ते आघाडीचे संख्याशास्त्रज्ञ मानले जात होते हे त्यांनी भूषविलेल्या पुढील पदांवरून दिसून येईल. संयुक्त राष्ट्रांच्या संख्याशास्त्रविषयक उपआयोगाचे सदस्य (१९४७) व अध्यक्ष (१९५४-६०), संयुक्त राष्ट्रांच्या नमुना चाचणीविषयक उपआयोगाचे अध्यक्ष (१९४७-५१), संयुक्तराष्ट्रांच्या संख्याशास्त्रविषयक समितीचे संपर्काधिकारी, आंतरराष्ट्रीय जीवसांख्यिकी परिषदेचे उपाध्यक्ष (१९४७), आंतरराष्ट्रीय संख्याशास्त्र संस्थेचे मानद अध्यक्ष (१९५७), तसेच अमेरिकन स्टॅटिस्टिक्स असोसिएशन, आंतरराष्ट्रीय अर्थमिती

संस्था, रशियन अकॅडमी ऑफ सायन्सेस, पाकिस्तानची संख्याशास्त्रविषयक संस्था, रॉयल स्टॅटिस्टिकल सोसायटी इत्यादींचे ते सदस्य होते.

महालनोबीस हे १९४९ सालापासून भारत सरकारचे संख्याशास्त्रविषयक सल्लागार होते व १९५५–६० या काळात ते योजना आयोगाचे सदस्य होते. दुसऱ्या पंचवार्षिक योजनेचा आराखडा तयार करण्याचे काम त्यांनी केले (१९५७) व हा आराखडा पुढील पंचवार्षिक योजनांसाठी आधारभूत धरण्यात येऊ लागला. अशा तऱ्हेने नियोजनविषयक तज्ज्ञ सल्लागार म्हणून त्यांची जगभर ख्याती झाली व त्यामुळे त्यांना १९५८ साली ब्रिटिश गियानाच्या आर्थिक विकासाचा आराखडा तयार करण्यासाठी पाचारण करण्यात आले होते. भारतातील आर्थिक नियोजनासाठी त्यांनी संख्याशास्त्रीय पद्धतींचा अवलंब करण्याचा प्रयत्न केला (उदाहरणार्थ, शेतीविषयक प्रयोगांसाठी त्यांनी वापरलेल्या पद्धती ह्या क्रांतिकारक म्हणता येतील अशा होत्या). अशा प्रकारे त्यांनी स्वातंत्र्यानंतरच्या काळात आर्थिक नियोजनाला एक निश्चित वळण लावले व देशाची आर्थिक उन्नती व विकास करण्याच्या दृष्टीने महत्त्वपूर्ण कार्य केले.

भारतातील संपत्ती व उत्पादनाची साधने यांचे जे केंद्रीकरण झाले आहे त्याची पाहणी करण्यासाठी १९६० साली नेमलेल्या समितीचे ते अध्यक्ष होते. मोठमोठे उद्योगधंदे व हस्तव्यवसाय एकाच वेळी विकसित होऊन बेकारी कमी होईल व जनतेच्या राहणीमानाचा दर्जा वाढेल, असे त्यांचे मत होते.

विज्ञानाची अमूर्त बाजू व त्याचे व्यावहारिक उपयोग या दोन्हींविषयी त्यांना आस्था होती. याशिवाय ते बंगालमधील सामाजिक, सांस्कृतिक व वैचारिक चळवळीतही रस घेत असत. त्यांनी गुरुवर्य रवींद्रनाथ टागोर यांना विश्वभारती विद्यापीठ उभारण्यात खूप मदत केली व काही काळ 'विश्वभारती पत्रिका' या नियतकालिकाचे संपादनही केले. हे सर्व व्याप सांभाळीत असतानाच त्यांनी तीन पुस्तके व असंख्य शोधनिबंध लिहिले. वर उल्लेख केलेल्या सन्मानांव्यतिरिक्त पुढील बहुमानही त्यांच्या वाट्याला आले होते. केंब्रिज विद्यापीठाचे वेल्डन पदक (१९४४), रॉयल सोसायटीचे सदस्यत्व (१९४५), अखिल भारतीय विज्ञान परिषदेचे अध्यक्षपद (१९५०), इंडियन अॅकॅडेमी ऑफ सायन्सेसचे सदस्यत्व, कलकत्ता विद्यापीठाचे सर्वाधिकारी पदक (१९५७) आणि पद्मविभूषण (१९६८). यांशिवाय अनेक विद्यापीठे व संस्था यांनी त्यांना सन्माननीय पदव्या, पारितोषिके व पदके बहाल केली. भारतातील संख्याशास्त्राचे जनक ठरलेले महालनोबीस २८ जून १९७२ रोजी कलकत्ता येथे मृत्यू पावले.

पंचानन महेश्वरी :

यांनी भारतातील वनस्पतिविज्ञानाच्या अध्ययनाला व संशोधनाला आंतरराष्ट्रीय दर्जा प्राप्त करून देण्यासाठी अविश्रांत प्रयत्न केले. यांचा जन्म जयपूरला ९ नोव्हेंबर १९०४ रोजी झाला. तेथील शालेय शिक्षणानंतर त्यांनी एव्हिंग ख्रिश्चन महाविद्यालय व अलाहाबाद विद्यापीठ येथे पुढील शिक्षण घेतले. ते १९२७ साली एम्. एस्सी. व १९३१ साली डी. एस्सी. झाले. अलाहाबाद, आग्रा, लखनौ, ढाका व दिल्ली या विद्यापीठांत त्यांनी वनस्पतिविज्ञानाचे प्राध्यापक म्हणून काम केले. शिवाय अमेरिकेतील इलिनॉय विद्यापीठात ते अभ्यागत प्राध्यापक म्हणून गेले होते व अनेक आंतरराष्ट्रीय परिषदांत सहभागी झाले होते. तसेच १९३२ साली त्यांनी दिल्ली विद्यापीठात वनस्पतिविज्ञानाचा आंतरराष्ट्रीय परिसंवाद भरविला होता. त्यांनी वनस्पतींच्या गर्भविज्ञानाविषयी महत्त्वाचे संशोधन केले असून त्यांचे एकूण संशोधन हे आर्थिक दृष्टीने चांगलेच उपयुक्त ठरले आहे. त्यांचे संशोधन उच्च प्रतीचे असून त्यांच्या हाताखाली संशोधन करून सु. ७० विद्यार्थ्यांनी डॉक्टरेट पदवी संपादन केली. त्यांनी स्वतः व इतरांच्या जोडीने ३०० पेक्षा अधिक संशोधनपर निबंध लिहिले. शिवाय काम म्हणजे उपासना मानणारे हे शास्त्रज्ञ भारतातील वनस्पतिविज्ञानाची अर्धशतकातील प्रगती, भारतातील आर्थिक दृष्ट्या महत्त्वाच्या वनस्पतींचा कोश, वनस्पतींचे गर्भविज्ञान इत्यादी अनेक पुस्तके लिहिण्यात सहभागी होते. शिवाय एका नियतकालिकाचे ते संपादकही होते. ते अनेक संस्थांचे सल्लागार होते.

अलाहाबाद, मॅकगिल इत्यादी विद्यापीठांच्या सन्माननीय डी. एस्सी. पदव्या; बिरबल सहानी (१९५८), व्हॉरा स्मारक (१९६४) वगैरे पदके; नॅशनल इन्स्टिटयूट ऑफ सायन्सेसचे संस्थापक सदस्य तसेच रॉयल सोसायटी (१९६५), अमेरिकन अकॅडेमी ऑफ आर्ट्स अँड सायन्सेस (१९४७), इंडियन अकॅडेमी ऑफ सायन्सेस (१९३४) इत्यादी संस्थांचे सदस्यत्व; भारतीय वनस्पतिवैज्ञानिक संस्थेचे अध्यक्षपद (१९४४), अखिल भारतीय विज्ञान परिषदेच्या अधिवेशनाचे उपाध्यक्षपद इत्यादी अनेक सन्मान त्यांना मिळाले होते. १८ मे १९६६ रोजी त्यांचे दिल्ली येथे निधन झाले.

हरगोविंद खोराना :

रेणवीय जीवविज्ञानातील संशोधनासाठी प्रसिद्ध असलेल्या या शास्त्रज्ञांचा जन्म रायपूर (पंजाब, आता पाकिस्तानात) येथे ९ जानेवारी १९२२ रोजी एका तलाठ्याच्या पोटी झाला. १९४५ साली त्यांनी पंजाब विद्यापीठाची एम्. एस्सी. पदवी मिळविली; मात्र फाळणीमुळे निर्वासित होऊन त्यांना १९४७ साली दिल्लीला यावे लागले. नंतर त्यांनी १९४८ साली लिव्हरपूल विद्यापीठाची पीएच्. डी. पदवी संपादन केली (१९४८) व नंतर दोन वर्षे त्यांनी स्वित्झर्लंडमध्ये संशोधन केले (तेथे त्यांचा एका स्विस मुलीशी विवाह झाला). नंतर त्यांनी केंब्रिज विद्यापीठाची पीएच्. डी. पदवी संपादन केली (१९५२). भारतात परतल्यावर त्यांनी नोकरीसाठी प्रयत्न केले; पण योग्य नोकरी न मिळाल्याने शेवटी १९६० साली ते अमेरिकेतील विस्कॉन्सिन विद्यापीठात गेले व १९६२ साली तेथे प्राध्यापक झाले. १९७० साली मॅसॅच्युसेट्स इन्स्टिटयूट ऑफ टेक्नॉलॉजीत दाखल झाले व ते तेथे रसायनशास्त्र व जीवविज्ञान यांचे स्लोन प्राध्यापक म्हणून आहेत.

गुणसूत्रांद्वारे आनुवंशिक लक्षणे एका पिढीतून पुढील पिढीत नेली जातात. या गुणसूत्रांचे घटक म्हणजे जनुके (जीन) त्यांवर माळेतील मण्यांप्रमाणे गुंफलेली असतात. काही जनुकांमार्फत पेशींची विविध कार्ये नियंत्रित केली जात असतात. कारण जी माहिती पेशीत व जनुकांवर संकलित झालेली असते, ती माहिती अशा नियामक जनुकांमार्फत पेशीच्या कार्यापर्यंत पोचविली जाते. हे कसे घडून येते हे खोराना यांनी स्पष्ट केले. त्यांच्या या स्पष्टीकरणाने आनुवंशिकेतील गूढ बाबींवर प्रकाश पडला व तिची यंत्रणा समजून घेणे सोपे झाले.

१९६९ साली त्यांनी निर्जीव रसायनांपासून जगातील पहिले कृत्रिम जनुक तयार केले. डी एन ए म्हणजे डी ऑक्सीरिबोन्युक्लिइक अम्ल व आर एन ए म्हणजे रिबोन्युक्लिइक अम्ल हे जनुकाचे महत्त्वाचे घटक असतात. ते त्यांनी कृत्रिम रीतीने बनविले. या अम्लांच्या रेणूंमधील न्युक्लिओटाइडे हे घटक असतात व हे घटक जोडण्याची पद्धती शोधणे हा त्यांच्या निर्मितीतील महत्त्वाचा टप्पा होता व ही पद्धती त्यांनी शोधून काढली. प्रथम साध्या पद्धतीने त्यांनी ४ मूलभूत न्युक्लिओटाइडे बनविली व नंतर ७७ न्यूक्लिओटाइडे त्यांनी शोधलेल्या पद्धतीद्वारे एकत्र गुंफली अशा तऱ्हेने पहिले कृत्रिम जनुक निर्माण झाले. तसेच डी एन ए रेणूवरील संदेश आर एन ए रेणूंद्वारे पेशीपर्यंत नेले जातात, हे त्यांनी दाखवून दिले अशा तऱ्हेने डी एन ए, आर एन ए व जनुक यांची निर्मिती करून व नियामक जनुके पेशींची कार्ये कशी निश्चित करतात ते स्पष्ट करून त्यांनी आनुवंशिकीविषयक ज्ञानात मोलाची भर घातली. त्यामुळे त्यांना १९६८ सालचे वैद्यकाचे नोबेल पारितोषिक मिळाले. याशिवाय त्यांना मर्क (१९५८), हाइनमान (१९६७), ही पारितोषिके; रॅमझेन, लुइझा ग्रॉस हॉर्विट्झ, लास्कर फाउंडेशन ही पदके, व पद्मभूषण (१९६३), दिल्लीसहित अनेक विद्यापीठांच्या सन्माननीय पदव्या आणि विविध संस्थांचे सदस्यत्व हे बहुमान मिळाले आहेत.

१९७६ साली त्यांच्या नेतृत्वाखालील शास्त्रज्ञांच्या तुकडीने जिवंत पेशीत कार्य करणारे दुसरे जनुक बनविले. त्यामुळे जनुकाचे कार्य समजण्यास अधिक मदत झाली. कृत्रिम जनुकांचा उपयोग भावी काळात इन्शुलिनासारखी मोलाची प्रथिने बनविण्यासाठी करता येणे शक्य आहे; तसेच कदाचित मानवात आढळणारे आनुवंशिक रोग बरे वा समूळ नष्ट करण्यासाठीही ही जनुके उपयुक्त ठरू शकतील. अर्थात काहींच्या मते यांचा विघातक कामांसाठीही वापर केला जाण्याची शक्यता नजरे-

आड करून चालणार नाही. मात्र हा प्रश्न प्रत्येक संशोधनाच्या बाबतीत उपस्थित होत असतोच.

सुब्रह्मण्यन् चंद्रशेखर :

त्यांनी लघुतम ताऱ्याविषयी जो सिद्धांत मांडला आहे, त्यामुळे ताऱ्याच्या उत्क्रांतीमधील शेवटच्या टप्प्याचे स्पष्टीकरण मिळते; तसेच सामान्य ताऱ्यापेक्षा अब्जावधीपट दीप्त असलेल्या अतिदीप्त नवताऱ्याच्या निर्मितीविषयीही निश्चित कल्पना करता येते. अशा तऱ्हेने त्यांच्या संशोधनामुळे विश्वरचनाशास्त्रातील विचारांना एक निश्चित दिशा मिळाली असून गेल्या २५-३० वर्षांत त्यांचे विचार सर्वसाधारणपणे मान्य पावले असून या विषयातील सैद्धांतिक चर्चेत त्यांना महत्त्वाचे स्थान प्राप्त झाले आहे.

चंद्रशेखर यांचा जन्म १९ ऑक्टोबर १९१० रोजी लाहोर येथे झाला. शाळेत शिक्षण घेत असताना ते वक्तृत्व, निबंध वगैरेंच्या स्पर्धांमध्ये भाग घेत असत. अशाच एका स्पर्धेत त्यांना सर एडिंग्टन या खगोलवैज्ञानिकांचे 'इंटर्नल कॉन्स्टिटयूशन ऑफ स्टार्स' हे पुस्तक बक्षीस मिळाले होते. बहुधा त्याच्या वाचनातूनच त्यांची खगोलविज्ञानाची आवड निर्माण झाली असावी. मद्रास विद्यापीठाची पदवी मिळविल्यावर (१९३०) ते केंब्रिजला गेले व तेथे त्यांनी पीएच्. डी. (१९३३) व डी. एस्सी. (१९४२) या पदव्या संपादन केल्या. या काळात स्कॉटलंडमधील कुकण पक्ष्यांची (फेजंटची) शिकार करणाऱ्यांसाठी हाकाऱ्या म्हणून काम करून ते पैसे मिळवीत असत. त्यांना मूलभूत संशोधनाचा वारसा बहुधा त्यांच्या काकांकडून म्हणजे सी. व्ही. रामन यांच्याकडून मिळाला असावा. या संशोधनाच्या प्रेमापोटीच त्यांनी काही काळ केंब्रिजमध्ये अध्यापन केल्यावर अमेरिकेत जाऊन राहण्याचा निर्णय घेतला असावा. त्यांना तेथील चैनीच्या जीवनाची भुरळ पडली असे म्हणता येत नाही. कारण सहा वर्षे विलायतेत घालविल्यानंतरही आपल्या वर्गमैत्रिणीचा त्यांना विसर पडला नाही व केवळ तिच्याशी-ललिता दोरायस्वामी हिच्याशी-विवाहबद्ध होण्यासाठी ते भारतात आले. शिकागो विद्यापीठातील यर्कीझ वेधशाळेतील वातावरण त्यांच्या संशोधनकार्याला इतके मानवले आहे की, ते १९३७ सालापासून तेथेच काम करीत राहिले. ते शाकाहारी, नास्तिक मताचे व भीडस्त स्वभावाचे आहेत. संगीताची त्यांना विशेष आवड असून वाद्यवृंद, जलसे ऐकणे हा त्यांचा विरंगुळा आहे. त्यांनी चार पुस्तके लिहिली असून त्यांपैकी एन इन्ट्रॉडक्शन टू द स्टडी ऑफ स्टेलर स्ट्रक्चर (१९३९) हे पुस्तक सर्वांत महत्त्वाचे आहे. त्यांनी १२ मोठे प्रबंध व १०० पेक्षा अधिक शोधनिबंधही लिहिले आहेत. शिवाय १९५२-७१ या काळात त्यांनी 'ॲस्ट्रोफिजिकल जर्नल' या नियतकालिकाचे संपादन करून त्याला उच्च दर्जा प्राप्त करून दिला. ब्रूस व रॉयल ॲस्ट्रॉनॉमिकल सोसायटीचे सुवर्णपदक; रम्फर्ड, रॉयल व हेन्री ड्रेपर ही पदके, विविध संस्थांचे सदस्यत्व, अनेक विद्यापीठांच्या सन्माननीय पदव्या, पद्मविभूषण (१९६८), जी. डी. बिर्ला पुरस्कार (ऑक्टोबर १९८४) इत्यादी अनेकानेक सन्मान त्यांना लाभले आहेत. १९८३ साली त्यांना भौतिकी या विषयाचे नोबेल पारितोषिक मिळाले. ताऱ्यांची रचना व उत्क्रांती यांच्या दृष्टीने महत्त्वाच्या असलेल्या प्रक्रियांविषयी त्यांनी केलेल्या संशोधनाबद्दल हे पारितोषिक त्यांना मिळाले असून हेच त्यांचे सर्वांत महत्त्वाचे संशोधनकार्य आहे.

लघुतम ताऱ्याविषयी त्यांनी मांडलेल्या सिद्धांतात या संशोधनाचा समावेश आहे. हा सिद्धांत त्यांनी पुढीलप्रमाणे मांडला आहे : ताऱ्यातील सर्व हायड्रोजन जळून गेल्याने संपल्यावर ताऱ्यातील ऊर्जानिर्मितेचे प्रमाण कमी होईल व तारा अधिकाधिक संकोच पावत जाईल. त्यामुळे त्यातून प्रारण बाहेर पडण्याचे प्रमाण घटत जाईल. मात्र त्याचे वस्तुमान स्थिर राहील. परिणामी त्याची घनता वाढत जाईल. आंतरिक दाबही वाढत जाईल. या प्रचंड दाबामुळे अणूची मध्यवर्ती रचना मोडून पडेल (म्हणजे द्रव्य हे अणुकेंद्रे व इलेक्ट्रॉन यांचे बनलेले असेल. द्रव्याच्या या अवस्थेला 'ऱ्हसित द्रव्य' म्हटले जाते. या अवस्थेत अणुकेंद्रे व इलेक्ट्रॉन ही एकमेकांच्या इतकी जवळ आलेली असतात की, ती आणखी दाबली जाणे शक्य नसते). यामुळे तारा आणखी संकोच पावू शकणार नाही. म्हणजे ताऱ्याला लघुतम ताऱ्याची अवस्था प्राप्त होईल





(अशा ताऱ्याच्या अत्युच्च तापमानामुळे त्यांतून सूर्याप्रमाणे पिवळा प्रकाश बाहेर न पडता अत्यंत पांढरा शुभ्र प्रकाश बाहेर पडतो व या ताऱ्यांचे आकारमान लहान– जास्तीत जास्त गुरूएवढे– असते म्हणून अशा ताऱ्यांना 'श्वेत बटू तारे' असेही म्हणतात). अशा प्रकारे गुरुत्वाकर्षणामुळे जास्त वस्तुमान असलेल्या ताऱ्याची घनता जास्त होत जाईल (काडयाच्या पेटीभर द्रव्याचे वजन कित्येक टन भरेल). मात्र अशी घनता वाढत जाण्यालाही मर्यादा असेल, असे चंद्रशेखर यांनी दाखवून दिले. सूर्याच्या वस्तुमानाच्या १·४४५२ पटीपर्यंत वस्तुमान असणाऱ्या ताऱ्यांच्या बाबतीतच अशी घनता वाढत जाईल, असे त्यांनी सांगितले (म्हणून या वस्तुमानाला 'चंद्रशेखर सीमा' असे संबोधिले जाते). यापेक्षा अधिक वस्तुमानाच्या ताऱ्याचे जादा वस्तुमान प्रचंड स्फोटाने त्यातून निघून जाईल व त्यामुळे त्याचे तेज अब्जावधीपट वाढेल म्हणजेच अतिदीप्त नवताऱ्याचा जन्म होईल. मात्र अवकाशातील बहुसंख्य ताऱ्यांची वस्तुमाने वरील सीमेच्या आत असलेली आढळतात. त्यामुळे अतिदीप्त नवताऱ्यांची संख्या थोडीच असते, असेही त्यांनी दाखवून दिले. हा सिद्धांत ताऱ्यांची रचना समजून घेण्यासाठीही उपयुक्त ठरला आहे. अशा प्रकारे गेली सुमारे पन्नास वर्षे चंद्रशेखर यांच्या या विचारांची विश्वरचनाशास्त्रावर छाप पडलेली आहे.

लघुतमताऱ्याच्या सिद्धांताशिवाय त्यांचे पुढील संशोधनही महत्त्वाचे आहे : हायड्रोजनच्या ऋण विद्युत्‌भारित अणूसंबंधी त्यांनी संशोधन केले असून त्याच्या साहाय्याने सूर्याचा दीप्तिगोल अपारदर्शक का आहे, ते स्पष्ट करता येते. त्यांनी आकाशाच्या निळ्या रंगाचे स्पष्टीकरण दिले आहे. ताऱ्यांचे रासायनिक संघटन, ताऱ्यांच्या व ग्रहांच्या वातावरणातील ऊर्जेत होणारे बदल, सूर्याच्या पृष्ठभागावर उष्ण द्रव्याच्या जागी थंड द्रव्य आल्याने निर्माण होणारे प्रवाह (सूर्यावरील डागांविषयीची नवीन उपपत्ती), चुंबकीय क्षेत्रात असणाऱ्या द्रवरूप वा वायुरूप पदार्थांत होणारे अभिसरण इत्यादींविषयी त्यांनी संशोधन केले असून एक निराळ्या प्रकारचे 'गुरुत्वीय घर्षण' त्यांनी शोधून काढले आहे.

सर कार्यमाणिक्कम् श्रीनिवास कृष्णन :

या भौतिकीविदांचा जन्म तामिळनाडू राज्यातील रामनाड तालुक्यातील वत्रप या गावी ४ डिसेंबर १८९८ रोजी झाला. मद्रास विद्यापीठाच्या एम्. ए. व डी. एस्सी. या पदव्या संपादन केल्यावर काही काळ त्यांनी तेथील ख्रिश्चन महाविद्यालयात अध्यापनाचे काम केले. नंतर १९२३–२८ या काळात सर सी. व्ही. रामन यांचे ते साहाय्यक होते. पुढे डाक्का, कलकत्ता व अलाहाबाद या विद्यापीठांतून भौतिकीचे प्राध्यापक म्हणून त्यांनी काम केले. शेवटी १९४७ साली ते दिल्ली येथील नॅशनल फिजिकल लॅबोरेटरीचे संचालक झाले व मृत्यूपर्यंत (दिल्ली, १४ जून १९६१) ते या पदावर होते. ते अणुऊर्जा आयोगाचे सदस्यही झाले होते (१९४७).

सी. व्ही. रामन यांच्या मार्गदर्शनाखाली त्यांनी प्रकाशकी व रेणवीय भौतिकी या विषयांचे संशोधन केले. रामन परिणामाच्या (याच लेखातील सर सी. व्ही. रामन यांच्या विषयीच्या माहितीत या परिणामाविषयी अधिक माहिती आलेली आहे) संशोधनाच्या वेळी रामन यांना कृष्णन यांची खूप मदत झाली. त्यामुळेच रामन यांनी कृष्णन यांच्याविषयी कृतज्ञता व्यक्त केली होती. रेणूंमधील चुंबकीय ग्रहणक्षमता व वेगवेगळ्या अक्षांशांच्या दिशांमध्ये स्फटिकांचे चुंबकीय गुणधर्म वेगवेगळे असतात, हे तपासून पाहण्यासाठी त्यांनी निरनिराळी उपकरणे व युक्त्या यांचा वापर केला. त्यामुळे स्फटिकांच्या अंतर्गत रचनेचा अभ्यास करण्यासाठी एक नवीन पद्धती उपलब्ध झाली. म्हणून त्यांचे हे संशोधन महत्त्वाचे मानले जाते. स्फटिकांच्या प्रकाशाच्या संदर्भातील गुणधर्माविषयीही त्यांनी संशोधन केले; तसेच द्रव पदार्थांतून जाताना प्रकाशाचे विकिरण कशा प्रकारे होते– म्हणजे प्रकाश द्रव पदार्थात कसा विखुरला जातो– हे त्यांनी शोधून काढले. तापविलेल्या पृष्ठातून इलेक्ट्रॉन अथवा आयन म्हणजे विद्युत्‌भारित अणू, रेणू अथवा अणुगट हे बाहेर टाकले जातात. या आविष्काराला तापायनिक उत्सर्जन म्हणतात व याविषयीच्या अध्ययनाला तापायनिकी (थर्मियॉनिक्स) म्हणतात. या विषयातील त्यांचे

संशोधन महत्त्वाचे आहे. ते एक आदर्श व उत्कृष्ट शिक्षकही होते. त्यांनी अध्यापनाचा एक नवा मार्ग दाखवून दिला होता.

कृष्णन लंडनच्या रॉयल सोसायटीचे तसेच अनेक इतर देशी व परदेशी संस्थांचे सदस्य होते. पद्मभूषण (१९६३), भटनागर स्मृति–पारितोषिक (१९६१), भौतिकीचे राष्ट्रीय प्राध्यापकपद इत्यादी बहुमान त्यांना मिळाले होते.

शंकर लक्ष्मण गोखले :

१ डिसेंबर १८६९ रोजी वाई येथे जन्मलेल्या गोखल्यांचे शिक्षण कलकत्ता विद्यापीठात झाले. तेथून रसायनशास्त्र घेऊन १८९३ साली व भौतिकी हा विषय घेऊन १९०५ साली त्यांनी एम. ए. ही पदवी दोन वेळा मिळविली. नंतर त्यांनी नागपूर, पाटण व इंदूर येथे प्राध्यापक म्हणून काम केले. वस्तूंच्या अणूरेणूंवर होणारा चुंबकीय क्षेत्राचा परिणाम मोजण्यासाठी एक सूत्र त्या काळी वापरीत असत. हे सूत्र बरोबर नसल्याचे त्यांनी दाखवून दिलेच व शिवाय नवे सुधारित सूत्रही तयार केले. त्यालाच पुढे 'गोखले नियम' म्हणून संबोधण्यात येऊ लागले शास्त्रीय उपकरणे बनविणे, त्यांची चाचणी घेणे व या बाबतीत सल्ला देणे ही त्यांची कामगिरीही महत्त्वाची आहे. जलद काम देणारे वर्चसमापक, अचूकपणे काम करणारे विशिष्ट प्रकारचे विद्युत्प्रवाहमापक वगैरे उपकरणे त्यांनी बनविली होती. तसेच गॅल्व्हॅनोमीटर या उपकरणात सुधारणा केल्या. विज्ञानाशिवाय त्यांना धार्मिक साहित्यातही रस होता. अर्थात तेथेही त्यांनी आपली संशोधनाची वैज्ञानिक दृष्टी सोडली नव्हती. महाभारत, गीता, भागवत (रासक्रीडा) यांतील प्रक्षिप्त भाग त्यांनी उघड केले होतेच; पण बायबलमध्येही असे प्रक्षिप्त भाग असल्याचे त्यांनी दाखविले होते. वाईला जन्म, कलकत्याला शिक्षण व विविध ठिकाणी अध्यापन व संशोधन करणारा हा शास्त्रज्ञ ५ ऑक्टोबर १९६२ रोजी अमेरिकेत मृत्यू पावला.

वसंत रामजी खानोलकर :

जागतिक कीर्तीचे कर्करोगतज्ज्ञ म्हणून प्रख्यात असलेल्या खानोलकरांनी भारतातील विकृतिविज्ञानाविषयीच्या (पॅथॉलॉजीच्या) अध्ययनाचा व संशोधनाचा विकास केला. त्यांचा जन्म १८९५ साली झाला. १९२३ साली लंडन विद्यापीठाची एम्. डी. ही पदवी संपादन केल्यावर ते प्रथम मुंबईच्या ग्रँट वैद्यकीय महाविद्यालयात प्राध्यापक होते. नंतर ते तेथीलं जी. एस्. वैद्यकीय महाविद्यालयात विकृतिविज्ञानाचे प्राध्यापक व विभाग-प्रमुख म्हणून होते (१९३६–४१). पुढे १९६३ पर्यंत ते टाटा मेमोरियल रुग्णालयात विकृतिविज्ञान संशोधनविभागाचे संचालक होते. तेथून निवृत्त झाल्यावरही त्यांचे संशोधन स्वतंत्रपणे चालू होते.

मुख्यतः त्यांनी कर्करोगाविषयी संशोधन केले; त्यांचे हे संशोधन महत्त्वाचे व मूलभूत स्वरूपाचे मानले जाते. कर्करोगाचा प्रादुर्भाव का व कसा होतो, याविषयी त्यांनी संशोधन केले. जनतेची राहणी व सवयी यांचा कर्करोग होण्याशी काही संबंध असतो का, याविषयीही त्यांनी अभ्यास केला होता. उदाहरणार्थ, काश्मीरसारख्या थंड प्रदेशातील लोक हिवाळ्यात कपड्यांच्या आत पोटालगत कांगडी नावाची पेटलेली शेगडी शरीर उबदार रहावे म्हणून बांधतात; तसेच काही स्त्रियांचा वापर या राहणीच्या पद्धती आणि धूम्रपान, तंबाखू खाणे यांसारख्या सवयी यांचा कर्करोगाशी काही संबंध असू शकेल का, याबद्दल त्यांनी संशोधन केले होते. विशेषतः भारतामध्ये कर्करोगाचे निदान व त्यावरील उपचार वेळच्या वेळी होत नाहीत, असे त्यांचे मत होते. त्यांच्या कर्करोगाविषयीच्या कार्यामुळे भारतीय कर्करोग संशोधन केंद्राचे प्रमुखपद, आंतरराष्ट्रीय कर्करोग संशोधन आयोगाचे अध्यक्षपद (१९५०), कर्करोगाच्या निर्मूलनार्थ असलेल्या आंतरराष्ट्रीय संघटनेचे अध्यक्षपद (१९५८–६२) अमेरिकेतील कर्करोग पेशीविज्ञान प्रतिष्ठानाचे मानपत्र, अणुविभाजनातून निर्माण होणाऱ्या प्रारणापासून रक्षण करण्याच्या हेतूने नेमलेल्या आंतर–वैज्ञानिक समितीचे उपाध्यक्षपद इत्यादी बहुमान त्यांना लाभले. भारत सरकारने त्यांना पद्मभूषण हा सन्मान दिला होता.

कर्करोगाशिवाय त्यांनी कुष्ठरोगाची कारणे व चिकित्सा यांविषयी संशोधन केले होते. कुष्ठरोगाचा

संबंध मज्जासंस्थेतील विकृतीशी असतो, असे त्यांनी दाखविले होते. जीवरसायनशास्त्र, जीव-भौतिकी, संख्याशास्त्र यांचे वैद्यकशास्त्राशी असलेले निकटचे संबंध त्यांनी स्पष्ट केले व त्यामुळे हे विषय वैद्यकाच्या अभ्यासक्रमात समाविष्ट झाले. देशाचा वैज्ञानिक विकास हा तेथील राजकीय व सामाजिक परिस्थितीवर अवलंबून असतो, असे त्यांचे मत होते. त्यांनी अनेक संशोधनपर लेख लिहिले. त्यांना जर्मन, फ्रेंच, उर्दू, पर्शियन इ. भाषा अवगत होत्या. मुंबई विद्यापीठाचे कुलगुरू (१९६०–६३), विविध भारतीय व परदेशी संस्थांचे व संघटनांचे सदस्य, वैज्ञानिक संशोधन संस्थांचे सल्लागार, अणुसंशोधन केंद्राचे जीवविज्ञान व वैद्यक विभाग व इतर संस्थांचे मार्गदर्शक म्हणूनही त्यांनी काम केले होते.

विठ्ठल नागेश शिरोडकर :

गर्भाशयाला होणाऱ्या रोगांचे तज्ज्ञ म्हणून ओळखले जाणारे शिरोडकर शिरोडे येथे १८९९ साली जन्मले. १९२७ साली त्यांनी एम्.डी. ही पदवी मिळविली. १९३५–५५ या काळात ते मुंबईच्या ग्रँड मेडिकल महाविद्यालयात प्राध्यापक होते. वरचेवर गर्भपात होणाऱ्या स्त्रियांच्या बाबतीत त्यांनी एक नवीन शस्त्रक्रिया करण्याचे तंत्र शोधून काढले. त्यामुळे अशा स्त्रीची गर्भधारणा टिकवून ठेवणे शक्य झाले. या शस्त्रक्रियेलाच नंतर 'शिरोडकर शस्त्रक्रिया' असे संबोधण्यात येऊ लागले. त्यांनी संतति-नियमन व स्त्रीरोगविषयक इतरही संशोधन केले असून त्यासंबंधी अनेक लेख लिहिले. 'काँट्रिब्युशन टू ऑब्स्टेट्रिक्स अँड गायनेकॉलॉजी'. हे पुस्तकही त्यांनी लिहिले. ते गोल्फ या खेळातील तज्ज्ञ समजले जात. त्यांना चित्रकला व गाण्याची आवड होती आणि ते उत्तम वक्तेही होते. रॉयल कॉलेज ऑफ गायनेकॉलॉजिस्ट्सचे ते पहिले भारतीय सदस्य होत. याशिवाय विज्ञान परिषदेचे अध्यक्षपद, पद्मभूषण, रॉयल कॉलेज ऑफ सर्जन्सचे व इतर अनेक संस्थांचे सदस्यत्व वगैरे अनेक बहुमान त्यांना मिळाले होते.

शंकर पांडुरंग आघारकर :

यांचा जन्म मालवण येथे १८ नोव्हेंबर १८८४ रोजी झाला. त्यांनी बर्लिन विद्यापीठाची डॉक्टरेट पदवी संपादन केली होती. भारतातील रुक्ष भागांत उगवणाऱ्या वनस्पतींचा प्रसार कसा होतो व त्यांचे मूलस्थान कोणते यांविषयी त्यांनी संशोधन केले होते. शिवाय कृषिविषयक व वनस्पतिविज्ञानविषयक त्यांचे इतर संशोधनही महत्त्वाचे आहे (उदा; भात, केळी, आंबा वगैरे). विज्ञानवर्धिनी महाराष्ट्र म्हणजे महाराष्ट्र असोसिएशन फॉर द कल्टिव्हेशन ऑफ सायन्स ही संस्था उभारून महाराष्ट्रातील वैज्ञानिक संशोधनाची मुहूर्तमेढच त्यांनी रोवली, असे म्हणता येईल. शिवाय 'सृष्टिज्ञान' हे विज्ञान-प्रसाराला वाहिलेले मासिक सुरू करण्यातही त्यांचा वाटा महत्त्वाचा आहे. ते २ सप्टेंबर १९६० रोजी निधन पावले.

शिशिरकुमार मित्र :

२४ ऑक्टोबर १८९० रोजी कलकत्ता येथे जन्मलेल्या मित्र यांनी कलकत्ता (१९१९) व पॅरिस (१९३३) या विद्यापीठांची डी. एस्सी. पदवी संपादन केली होती. त्यांनी कलकत्ता विद्यापीठात प्राध्यापक (१९२३–५५) व पश्चिम बंगाल माध्यमिक शिक्षण मंडळाचे प्रशासक (१९५६–६२) म्हणून काम केले.

वातावरणाच्या उच्च भागातील विविध आविष्कारांविषयी त्यांनी मोलाचे संशोधन केले. भूपृष्ठापासून सुमारे ४० किलोमीटर उंचीच्या वर असलेल्या वातावरणाच्या कित्येक भागांचे वैशिष्ट्य म्हणजे तेथे मोठ्या प्रमाणावर इलेक्ट्रॉन व आयन हे विद्युत्भारित कण आढळतात. या भागाला आयनांबर म्हणतात. याविषयीचे त्यांचे संशोधन महत्त्वाचे असून आयनांबराचे संशोधन करण्यासाठी त्यांनी कलकत्त्याला एक संस्था स्थापन केली. ते रेडिओ तरंगविषयक संशोधनक्षेत्रातील एक अग्रेसर शास्त्रज्ञ होते. काउन्सिल ऑफ सायंटिफिक ॲण्ड इंडस्ट्रियल रिसर्च या संघटनेतील रेडियो संशोधनविषयक समिती स्थापण्यात त्यांनी पुढाकार घेतला होता व ते या समितीचे पहिले अध्यक्षही होते (१९४३–४८). त्यांनी द अप्पर ॲटमॉस्फिअर, द ॲटॉमिक एज व ॲटॉमिक वेपन्स ॲण्ड देअर लॉजिक ही पुस्तके व अनेक लेख लिहिले.

राजे पंचम जॉर्ज रौप्य महोत्सवी पदक (१९३५), जयकिसन मुखर्जी सुवर्णपदक (१९४३), सर देव-





प्रसाद सर्वाधिकारी सुवर्णपदक (१९६१), पद्मभूषण व भौतिकीचे राष्ट्रीय प्राध्यापकपद (१९६२), रॉयल सोसायटी (१९५८) व आंतरराष्ट्रीय भूभौतिकी वर्षासाठी नेमलेल्या भारताच्या राष्ट्रीय समितीचे सदस्यत्व, तसेच एशियाटिक सोसायटी (१९५१–५२), भारतीय विज्ञान परिषद संस्था (१९५५), इंडियन सायन्स न्यूज असोसिएशन (१९५६–५८) व नॅशनल इन्स्टिटयूट ऑफ सायन्सेस ऑफ इंडिया (१९५९–६०) यांचे अध्यक्षपद हे सन्मान त्यांना मिळाले. शिवाय ते अनेक नियतकालिकांच्या संपादकमंडळांवर होते. १३ ऑगस्ट १९६३ रोजी ते मृत्यू पावले.

दामोदर धर्मानंद कोसंबी :

आनुवंशिकी संख्याशास्त्र, गणित, भारतविद्या, पुरातत्त्वविद्या आणि नाणकशास्त्र या विषयांत संशोधन करणाऱ्या या गणितज्ज्ञांचा व प्राच्यविद्यापंडितांचा जन्म ३१ जुलै १९०७ रोजी कॉस्बेन (गोवा) येथे झाला. अकराव्या वर्षीच वडिलांबरोबर अमेरिकेत जावे लागल्याने त्यांचे शिक्षण परदेशीच झाले व १९२९ साली त्यांनी हार्व्हर्ड विद्यापीठाची एम. ए. पदवी मिळविली. बनारस व अलीगड विद्यापीठांत तसेच फर्ग्युसन महाविद्यालयात (१९३३–४६) प्राध्यापक म्हणून काम केल्यावर ते मुंबईला टाटा इन्स्टिटयूट ऑफ फंडामेंटल रिसर्च या संस्थेत संख्याशास्त्र विभागाचे प्रमुख म्हणून होते (१९४६–६२). १९६४ पासून ते काउन्सिल ऑफ सायंटिफिक ॲण्ड इंडस्ट्रियल रिसर्च व सायंटिस्ट एमिरिटस यांचे ते सदस्य होते. प्रिन्स्टन व शिकागो (अमेरिका) तसेच चीन व रशिया येथील विद्यापीठांत ते अभ्यागत प्राध्यापक म्हणून जात असत.

त्यांनी सामाजिक शास्त्रांच्या अभ्यासात गणितीय ज्ञानाचा वापर मोठ्या प्रमाणावर केला. आनुवंशिकीशास्त्रात त्यांनी एक गणितीय सिद्धांत मांडला होता, तो 'कोसंबी प्रमेय' म्हणून सुपरिचित आहे. त्यांच्या अध्ययनामुळे नाणकशास्त्र व पुरातत्त्वविद्या या शाखांच्या अध्ययनास एक नवीन वळण लागले. गणितातील प्रदिश विश्लेषणाविषयीचे (टेन्सॉर ॲनॅलिसिसविषयीचे) त्यांचे संशोधन महत्त्वाचे आहे. त्यांनी गणिताविषयीचे ६१ व इतर विषयांचे सुमारे ७५ लेख लिहिले. प्राइम नंबर्स (अविभाज्य संख्या) हे त्यांनी लिहिलेले शेवटचे पुस्तक होय. रामानुजन् स्मृति-पारितोषिकासारखी अनेक पारितोषिके व जागतिक शांतता संघटनेसह अनेक संस्थांचे सदस्यत्व त्यांना मिळाले होते. त्यांना सहली काढून निसर्ग-निरीक्षण करण्याची व ब्रिज खेळण्याची आवड होती. रोज ते मुंबईला जाऊन येऊन नोकरी करीत असत. त्यामुळे 'डेक्कन क्वीन' या रेल्वेगाडीच्या पत्त्यावर त्यांना पत्रे येत व ती व्यवस्थितपणे त्यांच्यापर्यंत पोचत. ते पुण्याला २९ जून १९६६ रोजी मृत्यू पावले.

दाराशा नौशेरवान वाडिया :

(१८८३–१९६९). वाडियांचा जन्म २५ ऑक्टो. १८८३ रोजी झाला. मुंबई विद्यापीठाची एम. एस्सी. पदवी संपादिल्यावर १९०७–२१ या काळात ते जम्मू येथील प्रिन्स ऑफ वेल्स महाविद्यालयात प्राध्यापक होते. नंतर त्यांनी भारतीय भूवैज्ञानिक सर्वेक्षण संस्थेत उपअधीक्षक, श्रीलंकेत शासनाचे खनिजवैज्ञानिक, भारत सरकारचे खनिज संपत्तीविषयक सल्लागार, इंडियन ब्यूरो ऑफ माइन्सचे पहिले संचालक आणि अणुऊर्जा आयोगाच्या कच्च्या खनिजांसाठी असलेल्या विभागाचे प्रमुख म्हणून त्यांनी काम केले.

आयुष्यभर त्यांनी हिमालय पर्वताचा अभ्यास केला. या पर्वताच्या संबंधात जे भूवैज्ञानिक प्रश्न शास्त्रज्ञांपुढे उभे होते, त्यांची उत्तरे शोधून काढण्यासाठी त्यांनी संशोधन केले. भारताच्या खनिज संपत्तीविषयीची (विशेषकरून, कच्च्या रूपातील तांबे, अभ्रक, युरेनियमसारखी किरणोत्सर्गी मूलद्रव्ये असलेली खनिजे, मोनॅझाइट या खनिजासारखी जड खनिजे वगैरे) माहिती संकलित करण्यासाठी त्यांनी अतिशय परिश्रम घेतले.

लंडनची रॉयल सोसायटी, जिऑलॉजिकल सोसायटी ऑफ अमेरिका, जर्मनी व बेल्जियम, जिऑलॉजिकल सोसायटी ऑफ इंडिया (अध्यक्ष, १९५१–५२), मायनिंग, जिऑलॉजिकल ॲण्ड मेटॅलर्जिकल सोसायटी ऑफ इंडिया (अध्यक्ष, १९५१–५२), रॉयल एशिॲटिक सोसायटी, इंडियन इन्स्टिटयूट ऑफ मेटल्स व जिऑलॉजिकल सोसायटी ऑफ लंडन यांचे सदस्यत्व; जिऑग्राफर्स असोसिएशन ऑफ इंडिया (१९५५), इंटरनॅशनल जिऑलॉजिकल

अनुक्रमणिका





काँग्रेस (दिल्ली), एंजिनिअरिंग जिऑलॉजिकल सोसायटी ऑफ इंडिया (१९६५–६६), जिओ-केमिकल सोसायटी ऑफ इंडिया, इंडियन सायन्स काँग्रेस असोसिएशन (१९४२–४३) व इंडियन नॅशनल सायन्स असोसिएशन (१९६५–६६) यांचे अध्यक्षपद, पद्मभूषण (१९६२), लिओपोल्ट फोन प्लेकेट व साहा पदके (१९६२) आणि खैतान व सर्वाधिकारी सुवर्णपदके (१९६४) तसेच कलकत्ता विद्यापीठाची सन्माननीय डी. एस्सी. पदवी हे सन्मान त्यांना मिळाले होते. त्यांनी अनेक लेख लिहिले असून 'जिऑलॉजी ऑफ इंडिया' हे त्यांचे पुस्तक महाविद्यालयांतून पाठ्यपुस्तक म्हणून वापरले जाते.

हर्मेन गिल्ड सांतापाव :

या वनस्पतिवैज्ञानिकांचा जन्म ५ डिसेंबर १९०३ रोजी स्पेनमधील ला गॅलेरा या गावी झाला. १९२८ साली त्यांनी रोम विद्यापीठाची तत्त्वज्ञानाची पीएच्. डी. पदवी मिळविली व पुढे लंडन विद्यापीठातूनही हीच पदवी संपादन केली. १९४९ साली ते भारताचे नागरिक झाले. त्यांनी भारतीय वनस्पतिवैज्ञानिक सर्वेक्षण संस्थेचे प्रमुख वनस्पतिवैज्ञानिक (१९५४–५५) व संचालक (१९६१–६८) म्हणून काम केले. भारतातील वनस्पतींच्या वर्गीकरणाविषयी त्यांनी महत्त्वाचे संशोधन केले. परिणामी अनेक वनस्पतींची शास्त्रीय नावे तयार करताना त्यांचे नाव त्यात गोवण्यात आलेले आहे. चहा ही वनस्पती भारतातून चीनमध्ये गेल्याचे त्यांनी दाखवून दिले होते. त्यांनी विपुल लेखन केले असून त्यांचे ३०० च्या वर निबंध व अनेक पुस्तके प्रसिद्ध झाली आहेत. शिवाय त्यांनी ७० हजारांहून अधिक वनस्पति-नमुने गोळा केले होते. पद्मश्री (१९६७), अनेक संस्थांचे सदस्यत्व व पदके देऊन त्यांच्या कार्याचा गौरव करण्यात आला होता. ते मुंबई येथे १३ जानेवारी १९७० रोजी मृत्यू पावले.

नारायण महादेव आठवले :

(जन्म १५ डिसेंबर १८८८) फर्ग्युसन महाविद्यालयातून पदवी मिळविल्यावर ते काही काळ तेथेच प्रयोगशिक्षक होते. १९१६ साली ते महर्षी कर्व्यांच्या महिला विद्यापीठाचे आजीव सेवक झाले. त्यांनी काही काळ खाजगी कारखान्यांतून नोकरीही केली. मात्र विज्ञानाचा विकास होण्यासाठी यंत्रा-उपकरणांची आवश्यकता असते, असे त्यांचे ठाम मत होते व त्यामुळेच त्यांनी आयुष्यभर उपकरणनिर्मितीला वाहून घेतले. त्यांनी पहिला वर्णपटमापक बनविला होता व आल्डिस सिग्नलिंग दिवे तयार केले होते. १९४४ ते १९६२ या काळात त्यांनी शंभराहून अधिक उपकरणप्रकारांची निर्मिती केली. त्यांनी प्रकाशीय उपकरणांसाठी लागणारी भिंगे बनविण्याचा कारखाना काढला होता आणि देशी बनावटीची भिंगे वापरून विविध प्रकारच्या दुर्बिणी तयार केल्या होत्या. १९६६ साली त्यांनी देशी टेपरेकॉर्डरची निर्मिती केली होती.

महाराजपुरम् सीताराम कृष्णन् :

(जन्म २४ ऑगस्ट १८९८) या भूवैज्ञानिकांचे शिक्षण त्रिचनापल्ली, मद्रास व लंडन येथे झाले. काही काळ त्यांनी उस्मानिया व आंध्र विद्यापीठांत अध्यापनाचे काम केले आणि नंतर ते इंडियन ब्यूरो ऑफ माइन्स (१९४८–५१) व भारतीय भूवैज्ञानिक सर्वेक्षण संस्था (१९५१–५५) यांचे प्रमुख होते. शिवाय इंडियन सायन्स काँग्रेस, इंडियन स्कूल ऑफ माइन्स (धनबाद), नैसर्गिक साधनसंपत्ती खाते, राष्ट्रीय भूभौतिकीय संशोधन संस्था यांच्या कार्यातही त्यांनी भाग घेतला होता. त्यांनी खनिज-विज्ञान व भूविज्ञान यांविषयी संशोधन केले. विशेष करून भारताच्या संदर्भातील त्यांचे या विषयांचे अध्ययन महत्त्वाचे आहे. त्यांनी अनेक लेख व चार पुस्तके लिहिली असून त्यांपैकी 'जिऑलॉजी ऑफ इंडिया अँड बर्मा' हे त्यांचे पुस्तक पाठ्य-पुस्तक म्हणून वापरले जाते.

दत्तात्रय बाळकृष्ण लिमये :

३१ जुलै १८८७ रोजी मणचे (तालुका देवगड) या गावी यांचा जन्म झाला. १९११ साली ते मुंबई विद्यापीठाची रसायनशास्त्राची एम्. ए. परीक्षा उत्तीर्ण झाले. त्यांनी मुख्यतः रानडे इंडस्ट्रियल अँड इकॉनॉमिक इन्स्टिटयूट या संस्थेत प्रथम संशोधन मार्गदर्शक व नंतर संचालक म्हणून

अनुक्रमणिका

काम केले. त्यांनी तरवड या झाडाची साल कातडी कमाविण्यास उपयुक्त असल्याचे व पांगळ्यामध्ये कापरासारखा पदार्थ असल्याचे दाखवून दिले. त्यांनी करंजेल तेलातील करंजीन या द्रव्याचा शोध लावला व त्याची रासायनिक रचना निश्चित केली (१९२२) आणि नंतर हे द्रव्य कृत्रिम रीतीने तयारही केले. याच तऱ्हेने विडगीन या द्रव्याचाही त्यांनी शोध लावला होता. रासायनिक संशोधनाला चालना मिळावी व आर्थिक साहाय्य करता यावे म्हणून त्यांनी एक निधी स्थापन केला (१९२५). या निधीचे मुखपत्र म्हणून त्यांनी 'रसायनम्' हे इंग्रजी नियतकालिक १९३६ साली स्थापन केले व १९५६ सालापर्यंत चालविले. पुढे त्यांनी कीटोन नावाच्या रसायनांच्या वर्गातील पदार्थ तयार करण्याची एक रासायनिक प्रक्रिया शोधून काढली व तिला या निधीवरून 'निधोत पद्धती' असे नाव दिले. त्यांनी आपल्या संशोधनाविषयीचे ६२ लेख लिहिले होते पुणे विद्यापीठाने डी. लिट्. ही पदवी देऊन त्यांचा सन्मान केला होता. फेब्रुवारी १९७२ मध्ये त्यांचे पुण्यात निधन झाले.

नरसिंह नारायण गोडबोले :

यांचा जन्म धारवाड येथे १८८७ साली डिसेंबर महिन्यात झाला. १९१० साली त्यांनी विज्ञानाची एम्. ए. व १९२५ साली बर्लिन विद्यापीठाची पीएच्. डी. या पदव्या मिळविल्या. कराची, लाहोर व काशी येथे प्राध्यापक म्हणून त्यांनी अध्यापन केले, तर १९४९–५८ या काळात ते राजस्थान राज्याचे उद्योगसंचालक होते. बनारस हिंदू विश्वविद्यालयात असताना त्यांनी औद्योगिक रसायनशास्त्र या विषयासाठी स्वतंत्र विभाग सुरू केला होता. कारण त्यांना मनापासून औद्योगिक रसाशास्त्रात रस होता. त्यांचे पुढील विषयातील संशोधन याची साक्षच म्हणता येईल : त्यांनी मुख्यत्वे तेले, साबण व चरबी यांविषयीचे संशोधन केले. शेंगदाण्याच्या तेलात सिरोटिक अम्ल असते, हे त्यांनी दाखवून दिले. तसेच मेणबत्त्या, ताक, लोणी, दूध (पाश्चरीकरण व पूर्णान्न), दही, साबण वगैरे विषयांवरही त्यांनी संशोधन केले. तुपातील भेसळ ओळखून काढण्याची नवीन वर्णपट पद्धती त्यांनी शोधून काढली. तिला 'गोडबोले वर्णपट पद्धती' म्हणतात. याशिवाय सांबर सरोवरातील मीठ कसे निर्माण झाले, याची नवीन उपपत्ती मांडली आणि कृत्रिम रेशीमनिर्मिती, छोट्या प्रमाणावरील सीमेंटनिर्मितीची साधने, अंड्याचे पोषणमूल्य, टक्कल पडणे इत्यादी अनेक विषयांवर त्यांनी संशोधन केले. त्यांनी सुमारे ११० लेख आणि अनेक उपयुक्त पुस्तके लिहिली. १९६५ साली पद्मभूषण हा किताब देऊन शासनाने त्यांचा गौरव केला होता. ते खादी व ग्रामोद्योग मंडळाचे सल्लागारही होते.

सत्येंद्रनाथ बोस :

'बोस–आइन्स्टाइन सांख्यिकी' या नावाने भौतिकीमध्ये सुपरिचित असलेल्या सिद्धातामुळे जागतिक कीर्ती लाभलेले शास्त्रज्ञ. त्यांचा जन्म (१ जानेवारी १८९४) व शिक्षण कलकत्त्यालाच झाले व त्यांनी अध्यापनही तेथेच केले. १९१५ साली ते एम्. एस्सी. झाले. त्यांनी मॉरिस, ब्रॉडली व आइन्स्टाइन या प्रख्यात शास्त्रज्ञांबरोबर संशोधन केले. फोटॉन नावाने ओळखण्यात येणारे (प्रकाशकण) हे एकरूपच असतात व त्यांच्यात व्यक्तिगत पातळीवर भेदाभेद करता येत नाही व एखादी पुंजस्थिती कितीही फोटॉनांना प्राप्त होऊ शकते या गृहितकाच्या आधारे बोस यांनी 'प्लांक प्रारण (कणरूप) नियम' सिद्ध केला; तर आइन्स्टाइन यांनी याचाच विस्तार भारी कणांकरिता केला (म्हणून याला 'बोस-आइन्स्टाइन सांख्यिकी' असे म्हटले जाते). हे संख्याशास्त्र ज्या कणांच्या (उदाहरणार्थ, फोटॉन, पायमेसॉन इत्यादी) बाबतीत लागू पडते त्या कणांना बोस यांच्यावरून 'बोसॉन' असे संबोधिण्यात येते. बंगाली भाषेतून विज्ञानाचा प्रसार करण्यासाठी त्यांनी 'बंगीय विज्ञान परिषद' ही संस्था व 'ज्ञान ओ विज्ञान' हे नियतकालिक सुरू करण्यात पुढाकार घेतला होता. भारतीय विज्ञान परिषदेचे अध्यक्ष (१९४४), विश्वभारती विद्यापीठाचे कुलगुरू (१९५६–५८), रॉयल सोसायटी (१९५८) व राज्यसभा (१९५२–५८) यांचे सदस्य, पद्मविभूषण (१९५८), साहा पदक, सन्माननीय डी. एस्सी. पदवी इत्यादी सन्मान त्यांना मिळाले होते. ते ४ फेब्रुवारी १९७४ रोजी कलकत्ता येथे मृत्यू पावले.

तिरुव्यंकट राजेंद्र शेषाद्री :

वनस्पतींपासून मिळणाऱ्या पदार्थांच्या रासायनिक अध्ययनासाठी प्रसिद्ध असलेल्या या शास्त्रज्ञांचा जन्म तिरुचिरापल्ली जिल्ह्यातील कुलित्तलाई (तमिळनाडू) या गावी ३ फेब्रुवारी १९०० रोजी झाला. त्यांचे शिक्षण मद्रासच्या प्रेसिडेन्सी महाविद्यालयात झाले व १९२२ साली ते मद्रास विद्यापीठाची बी. एस्सी (ऑनर्स) ही पदवी उत्तीर्ण झाले. वनस्पतींत, विशेषतः फुलांमध्ये, आढळणाऱ्या अँथोसायानिने नावाच्या रंगद्रव्यांवर संशोधन करून त्यांनी मँचेस्टर विद्यापीठाची पीएच्. डी. ही पदवी संपादन केली (१९२९). १९३३–४९ या काळात आंध्र विद्यापीठात आणि १९४९–६५ या कालावधीत दिल्ली विद्यापीठात ते रसायनशास्त्र विभागाचे प्रमुख होते. विशेष करून वनस्पतींच्या फुलांमध्ये व मोहरांमध्ये आढळणारी अँथोसायानिने व अँथोअँथिनें या नावांची रंगद्रव्ये, वनस्पतींपासून मिळणारी औषधी द्रव्ये व कीटकनाशक म्हणून उपयुक्त ठरणारी वनस्पतिज द्रव्ये यांविषयी त्यांनी महत्त्वपूर्ण संशोधन केले. वनस्पतींच्या घटकांचे संश्लेषण कसे व कोणत्या पद्धतीने करता येईल, हे शोधून काढण्याचा त्यांनी प्रयत्न केला. कार्बनी रसायनशास्त्रातील सूक्ष्म विश्लेषणाच्या पद्धतींचे महत्त्व ओळखून त्या विषयीही त्यांनी संशोधन केले आणि अशा प्रकारचे सूक्ष्म विश्लेषण करू शकणाऱ्या अद्ययावत प्रयोगशाळा विविध देशी व परदेशी विद्यापीठांतून उभारण्याकरिता त्यांनी पुढाकार घेतला. त्यांनी सुमारे १,००० शोधनिबंध व अनेक पुस्तके लिहिली असून 'केमिस्ट्री ऑफ व्हिटॅमिन्स अँण्ड हार्मोन्स' हे त्यांचे महत्त्वाचे पुस्तक आहे. शिवाय त्यांच्या मार्गदर्शनाखाली १५० पेक्षा अधिक विद्यार्थ्यांनी पीएच्. डी. पदवी संपादन केली. त्यांनी भारत सरकारच्या शिक्षण, विज्ञान, आरोग्य, शेती, संरक्षण व अणुशक्ती मंडळाचा रसायनशास्त्र विभाग तसेच युनेस्को ही जागतिक संघटना यांचे सल्लागार म्हणूनही काम केले.

रॉयल सोसायटीचे सदस्यत्व (१९६३), पद्मभूषण (१९६३), तसेच आचार्य प्रफुल्लचंद्र रे, आचार्य जगदीशचंद्र बोस, भटनागर व साहा ही पारितोषिके आणि आंध्र, बनारस, दिल्ली, उस्मानिया व व्यंकटेश्वर या विद्यापीठांची सन्माननीय डी. एस्सी. पदवी या सन्मानांचे ते मानकरी ठरले होते. ते २७ सप्टेंबर १९७५ रोजी मृत्यू पावले.

पांडुरंग चिमणाजी पाटील :

कृषिविषयक अर्थशास्त्रात महत्त्वाचे संशोधन करणाऱ्या या कृषितज्ज्ञांचा जन्म कोल्हापूर जिल्ह्यातील वडगाव या गावी १९ जून १८७७ रोजी झाला एल्. एजी. (१९०५) व एम्. एस्सी. (१९२२) या पदव्या संपादन केल्यावर १९२५ साली ते पुण्याच्या कृषी महाविद्यालयात कृषी अर्थशास्त्र या विषयाचे पहिले प्राध्यापक म्हणून नियुक्त झाले. पुढे या महाविद्यालयाचे ते पहिले भारतीय प्राचार्य झाले आणि मुंबई प्रांताचे पहिले भारतीय कृषी-संचालक होण्याचा मानही त्यांना मिळाला. प्राचार्य असताना त्यांनी पुण्याच्या कृषी महाविद्यालाला संशोधन संस्थेचे स्वरूप देण्याचा प्रयत्न केला. नवीन प्रकारची अवजारे (उदाहरणार्थ, लोखंडी नांगर), नवे बियाणे व नवीन खते यांचा वापर करून कृषीला आधुनिक युगात आणण्याचे प्रयत्नही त्यांनी केले. उसाच्या लागवडीची नवीन रुंद सरीची मांजरी पद्धती त्यांनीच शोधून काढली. त्यांनी गूळ तयार करण्याच्या पद्धतीत सुधारणा केल्या. त्यांचा अनेक शैक्षणिक संस्थांशी जवळचा संबंध होता. त्यांनी अनेक लेख व तीन पुस्तके तसेच आत्मचरित्र लिहिले. रावबहादूर (१९२४) तसेच मुंबई विद्यापीठाची डी. एस्सी. व महात्मा फुले कृषी विद्यापीठाची डी. लिट्. ही पदवी वगैरे सन्मान त्यांना मिळाले होते. ते ७ ऑगस्ट १९७८ रोजी म्हणजे शंभरी पार केल्यावर कोल्हापूर येथे मृत्यू पावले.

श्रीधर सर्वोत्तम जोशी :

१८९८ साली यांचा जन्म झाला. १९२४ साली बनारस हिंदू विश्वविद्यालयातून एम्. एस्सी. व १९२८ साली लंडन येथून डी. एस्सी. पदवी संपादिल्यावर ते शेवटपर्यंत बनारस हिंदू विश्वविद्यालयात आचार्य म्हणून होते. प्रकाश रासायनिक विक्रियांचे संशोधन करीत असताना पुढील गोष्ट त्यांच्या लक्षात आली : वायूमधून विद्युत्प्रवाह जाऊ देताना त्याच्यावर प्रकाशाचा झोत टाकला, तर

अनुक्रमणिका

विद्युत्प्रवाह कमी होतो व कधीकधी तो थांब-तोही. म्हणून या परिणामाला पुढे 'जोशी परिणाम' असे म्हणण्यात येऊ लागले. या अपेक्षेविरुद्ध आढळलेल्या गोष्टीचे स्पष्टीकरणही त्यांनी पुढीलप्रमाणे दिले होते : विसर्जनामुळे पृष्ठशोषकासारखा थर निर्माण होतो व त्यातून प्राथमिक स्वरूपाचा विद्युत्-भार उद्‌भवल्याने असे घडते. त्यांनी हा शोध १९४३ साली प्रसिद्ध केला. याशिवाय त्यांनी क्रियाशील नायट्रोजन बनवून त्याचा अमोनियाचे संश्लेषण करण्यासाठी वापर केला होता. तसेच कलिल रसायनशास्त्र, विद्युत् रसायनशास्त्र, विद्युत् उत्सर्जनातून उद्‌भवणाऱ्या भौतिकीय रासायनिक विक्रिया इत्यादी शाखांत संशोधन केले होते. औद्योगिक दृष्ट्या उपयुक्त असे पुढील संशोधनही त्यांनी केले : देशी कच्च्या मालापासून पोटॅशियम परमँगनेट, पोटॅशियम डायक्रोमेट, लेमन क्रीम, तसेच क्लोरो-सल्फॉनिक अम्ल वापरून निर्जल अॅसिटिक अम्ल, अॅसिटिल क्लोराइड वगैरे रसायने त्यांनी तयार केली. सूक्ष्मछायामापक व नवीन प्रकारची विजेची भट्टीही त्यांनी बनविली होती. त्यांनी ३०० च्या वर लेख लिहिले असून त्यांना काउन्सिल ऑफ सायंटिफिक अॅण्ड इंडस्ट्रियल रिसर्चचे पारितोषिक, आचार्य प्रफुल्लचंद्र रे पारितोषिक इत्यादी बहुमान मिळाले होते. त्यांना संगीत व क्रिकेट यांची आवड होती. २४ जुलै १९८४ रोजी त्यांचे पुणे येथे निधन झाले.

हरीशचंद्र :

११ ऑक्टोबर १९२३ रोजी या गणित्यांचा जन्म कानपूर येथे झाला. ते १९४३ साली अलाहाबाद विद्यापीठातून एम्. एस्सी. झाले, तर १९४७ साली त्यांनी केंब्रिज विद्यापीठाची डॉक्टरेट पदवी मिळविली. १९५९ सालापासून ते अमेरिकेतील कोलंबिया विद्यापीठात गणिताचे प्राध्यापक होते व १९६२ पासून ते प्रिन्स्टन येथील इन्स्टिटयूट ऑफ अॅडव्हान्स्ड स्टडीज येथे गणिताचे प्राध्यापक होते. ते टाटा इन्स्टिटयूट ऑफ फंडामेंटल रिसर्चमध्ये अभ्यागत प्राध्यापक म्हणूनही होते १९७६ साली त्यांनी अमेरिकेचे नागरिकत्व स्वीकारले. ते गणितातील गटसिद्धांत या विषयातील एक अधिकारी व्यक्ती म्हणून गणले जात. त्यांनी या शाखेतील 'लाय गट' या नावाने ओळखण्यात येणाऱ्या विषयात महत्त्वाचे संशोधन केले होते. शिवाय विभक्त श्रेणी व हरात्मक विश्लेषण यांविषयीही त्यांनी संशोधन केले होते. त्यांनी अनेक शोधनिबंध व ४ पुस्तके लिहिली. कोल पारितोषिक (१९५४), रामानुजन् पदक (१९७४), तसेच रॉयल सोसायटी (१९७३), अमेरिकेची नॅशनल अकॅडेमी ऑफ सायन्सेस, इंडियन नॅशनल सायन्स अकॅडेमी, इंडियन अकॅडेमी ऑफ सायन्सेस इत्यादी संस्थांचे सदस्यत्व वगैरे बहुमान त्यांना मिळाले होते. ते प्रिन्स्टन येथे नोव्हेंबर १९८३ मध्ये मृत्यू पावले.

सलीम अली :

यांचे पूर्ण नाव सलीम मोईझुद्दीन अब्दुल अली असे आहे. त्यांचा जन्म मुंबईला १२ नोव्हें. १८९६ रोजी झाला. त्यांनी भारतीय उपखंडातील बहुतेक अज्ञात भागांत (उदाहरणार्थ, पश्चिम हिमालय, सिक्कीम, भूतान व अरुणाचल प्रदेश) तसेच तिबेट व अफगाणिस्तान येथेही पक्षिविज्ञानविषयक मोहिमा आखल्या. यांद्वारे त्यांनी पक्ष्यांचा अभ्यास तर केलाच; शिवाय विशेषकरून पक्ष्यांच्या आणि एकूण वन्य जीवांच्याही संरक्षणासाठी आयुष्यभर प्रयत्न केले आहेत. त्यांच्या प्रयत्नांतूनच अनेक अभयारण्ये उभारली गेली आहेत. बाँबे नॅचरल हिस्ट्री सोसायटीचे अध्यक्षपद, इंडियन नॅशनल सायन्स अकॅडेमी (१९५८) व इंडियन अकॅडेमी ऑफ सायन्सेस (१९७५) यांचे सदस्यत्व; अलीगड (१९५८), दिल्ली (१९७१) या विद्यापीठांची सन्माननीय डी. एस्सी. पदवी; जयगोविंद लॉ पदक (१९५३), युनियन सुवर्णपदक (१९६७), जॉन फिलिप्स स्मृतिपदक (१९६९), सुंदरलाल होरा स्मृतिपदक (१९७०), आंतरराष्ट्रीय वन्यजीव संरक्षणाचे पॉल गेटी पारितोषिक (१९७६), पद्मभूषण (१९५८) जागतिक वन्यजीवन निधीकडून ऑर्डर ऑफ द गोल्डन आर्क (१९७३), पद्मविभूषण (१९७६) व राष्ट्रीय संशोधन छात्रवृत्ती (१९८२) हे सन्मान त्यांना आतापर्यंत लाभले आहेत. भारतातील, कच्छमधील, डोंगराळ भागातील, त्रावणकोर व कोचीन या भागांतील, सिक्कीममधील व केरळातील पक्ष्यांविषयीची त्यांची सहा पुस्तके असून भारत–पाकिस्तान यांच्यातील पक्ष्यांविषयीचा १० खंडांचा कोश (एस्. डिलॉन रिप्ली





यांच्या साहाय्याने) आणि पूर्व हिमालयातील पक्ष्यांविषयीचे मार्गदर्शक पुस्तकही त्यांनी लिहिले आहे. पुस्तकांशिवाय त्यांचे अनेक लेखही प्रसिद्ध झाले आहेत.

शंकर रामचंद्र दाते :

मुद्रणविषयक तज्ज्ञ असलेल्या मामाराव दात्यांचा जन्म १८९८ साली झाला. बी. ए. पर्यंत शिक्षण झाल्यावर त्यांनी १९२९ पर्यंत लोकसंग्रह छापखाना स्वतः चालविला व पुढे १९४० पर्यंत तेथेच व्यवस्थापकीय काम केले. १९४० ते ५५ व १९६७ नंतर त्यांनी 'काळ' हे दैनिक चालविले व १९५७–६५ या काळात मुद्रणव्यवसाय केला. आवश्यक ते खिळे (टाइप) पाडून त्यांनी देवनागरी लिपी मोनोटाईप यंत्रावर बसविली. त्यांनी जर्मनीत जाऊन संशोधन केले आणि इंग्लंडमध्ये देवनागरी खिळ्यांच्या जुळणीचे मोनोटाइप यंत्र तयार केले. मोनोटाइपचा मराठी की-बोर्ड तयार केला. देवनागरी टंकलेखन यंत्रातही त्यांनी सुधारणा केल्या. वेलांटचा, मात्रा, उकार हे जसे लिहिले जातात, तसे टंकलेखन यंत्रावर मुद्रित (टंकित) करण्याची पद्धती त्यांनी तयार केली. त्यांनी 'भागानगर स्ट्रगल' व 'चक्षुर्वैसत्यम्' ही पुस्तके व अनेक लेख लिहिले असून त्यांचे मुद्रणाविषयीचे संशोधन अजूनही चालू आहे.

राजचंद्र बोस :

या आंतरराष्ट्रीय ख्यातीच्या गणिती व संख्याशास्त्रज्ञांचा जन्म मध्य प्रदेशातील होशंगाबाद येथे १९ जून १९०१ रोजी झाला. १९२४ साली दिल्ली विद्यापीठाची शुद्ध गणिताची एम्. ए. पदवी व पुढे कलकत्ता विद्यापीठाच्या अनुप्रयुक्त गणिताची एम्. ए. व डी. लिट्. या पदव्या त्यांनी संपादन केल्या. कलकत्त्याचे आशुतोष महाविद्यालय व इंडियन स्टॅटिस्टिकल इन्स्टिटयूट (१९३०–३८) येथे काम केल्यावर त्यांनी १९४९ पर्यंत कलकत्ता विद्यापीठात अध्यापनाचे काम केले. नंतर १९७१ पर्यंत ते उत्तर कॅरोलायना विद्यापीठात प्राध्यापक होते व १९७१ पासून ते कोलोरॅडो स्टेट विद्यापीठात गणित व संख्याशास्त्राचे प्राध्यापक आहेत. बहुचारात्मक विश्लेषण, प्रयोगांचा अभिकल्प व समचयात्मक सिद्धांत या विषयांतील त्यांचे संशोधन महत्त्वाचे आहे. त्यांनी प्रशांतचंद्र महालनोबीस यांना संशोधनकार्यात साहाय्य केले होते. इंटरनॅशनल स्टॅटिस्टिकल इन्स्टिटयूट, इन्स्टिटयूट ऑफ मॅथेमॅटिकल स्टॅटिस्टिक्स, नॅशनल इन्स्टिटयूट ऑफ सायन्सेस (भारत), अमेरिकन असोसिएशन फॉर ॲडव्हान्समेंट ऑफ सायन्स, न्यूयॉर्क अकॅडेमी ऑफ सायन्सेस, अमेरिकन स्टॅटिस्टिकल असोसिएशन व नॅशनल अकॅडेमी ऑफ सायन्सेस (अमेरिका) यांचे ते सभासद असून त्यांना सन्माननीय डी. एस्सी. व डी. लिट्. (शांतिनिकेतन विद्यापीठ) पदव्याही मिळाल्या आहेत.

बेंजामीन पिअरी पाल :

कृषी व वनस्पतिविज्ञान या विषयांत संशोधन करणाऱ्या या शास्त्रज्ञांचा जन्म पंजाबमधील मुकुंदपूर या गावी २६ मे १९०६ रोजी झाला. त्यांनी ब्रह्मदेशातील रंगून विद्यापीठाची एम. एस्सी. (ऑनर्स) व केंब्रिज विद्यापीठाची पीएच. डी. संपादन केली. अल्प काळ ब्रह्मदेशातील मध्यवर्ती भात संशोधन केंद्रात काम केल्यावर १९३३ साली ते पुसा (बिहार) येथील इंडियन ॲग्रिकल्चरल रिसर्च इन्स्टिटयूट (आताचे नाव) मध्ये दाखल झाले. १९५० ते ६५ या काळात ते या संस्थेचे संचालक होते. नंतर १९७२ पर्यंत ते इंडियन काउन्सिल ऑफ ॲग्रिकल्चरल रिसर्च या संस्थेचे पहिले महासंचालक व नंतर तेथेच गुणश्री प्राध्यापक झाले.

पाल यांनी आनुवंशिकी व वनस्पतींचे प्रजनन यांविषयी मूलभूत स्वरूपाचे महत्त्वपूर्ण व उपयुक्त संशोधन केले. उत्पादनात वाढ करण्याच्या दृष्टीने त्यांनी गव्हाचे अनेक प्रकार शोधून काढले. तंबाखू व बटाटा यांच्या बाबतीतसुद्धा त्यांनी अशाच तऱ्हेने संशोधन केले. शिवाय त्यांनी गुलाबाचे अनेक प्रकार निर्माण केले व शोभिवंत वनस्पतींवर संशोधन केले. याव्यतिरिक्त त्यांनी कृषिविषयक शिक्षणात सुधारणा करण्याचा व कृषिविषयक संशोधन सामान्य शेतकऱ्यांपर्यंत पोचविण्याचा प्रयत्न केला.

पाल यांनी अनेक देशी व परदेशी परिषदांतून भाग घेतला असून त्यांना अनेक देशी-परदेशी संस्था व संघटनांनी आपले सदस्य करून घेतले आहे. ते

केंद्रीय मंत्रिमंडळाच्या शास्त्रीय सल्लागार समितीचे प्रथमपासून सभासद होते. रफी अहमद किडवाई स्मृतिपारितोषिक (१९६०), बिरबल सहानी, रामानुजन्, ग्रँट, बार्कली इत्यादी पदके; पद्मश्री (१९५८) व पद्मभूषण (१९६८) आणि पंजाब, सरदार पटेल, उत्तर प्रदेश व हरियाना कृषी विद्यापीठांची सन्माननीय डी.एस्सी. पदवी हे सन्मान त्यांना लाभले आहेत.

विष्णू माधव घाटगे :

विमानविषयक संशोधन करणाऱ्या या शास्त्रज्ञांचा जन्म कोल्हापूर जिल्ह्यातील हसूर या गावी २४ ऑक्टोबर १९०८ रोजी झाला. त्यांनी १९३२ साली मुंबई विद्यापीठाची एम्. एस्सी. व १९३६ साली जर्मनीतील गटिंगेन विद्यापीठाची डी. फिल्. या पदव्या मिळविल्या. त्यांनी मुंबई विद्यापीठात भौतिकीचे (१९३६-४१) व बंगलोरच्या इंडियन इन्स्टिट्यूट ऑफ सायन्समध्ये वैमानिकीय अभियांत्रिकीचे प्राध्यापक म्हणून काम केले. १९४७ पासून ते बंगलोरच्या हिंदुस्थान एअरक्राफ्ट लि.चे प्रमुख अभिकल्पक व उपमुख्य व्यवस्थापक तर तेथील हिंदुस्थान एरॉनॉटिक्स लि. चे १९७० पर्यंत प्रमुख व्यवस्थापक होते. तेव्हापासून ते तेथील प्रॉडक्ट डिझायनर्स प्रा. लि. चे व्यवस्थापकीय संचालक आहेत. ग्लायडर, एच. टी. २ हे शिकाऊ, पुष्पक हे हलके व कृषिविषयक कामांस उपयुक्त असलेले कृषक व विमानशिक्षणास उपयुक्त किरण इत्यादी विमानांचे अभिकल्प, त्यांत सुधारणा करणे व या विमानांचा विकास करणे यांविषयी त्यांनी महत्त्वाचे कार्य केले आहे. इंडियन अकॅडेमी ऑफ सायन्सेस, एरॉनॉटिकल सोसायटी ऑफ इंडिया, रॉयल एरॉनॉटिकल सोसायटी (लंडन), अमेरिकेतील इन्स्टिट्यूट ऑफ एरॉनॉटिक्स अँड अॅस्ट्रॉनॉटिक्स, इंडियन नॅशनल सायन्स अकॅडेमी, इन्स्टिट्यूट ऑफ एंजिनिअर्स (इंडिया) इत्यादी संस्थांचे सदस्यत्व व पद्मश्री (१९६५) हे सन्मान त्यांना लाभले आहेत.

कल्याणपुडी राधाकृष्ण राव :

या संख्याशास्त्रज्ञांचा जन्म हदगळी येथे १० सप्टेंबर १९२० रोजी झाला. त्यांनी गणित विषय घेऊन आंध्र विद्यापीठाची (१९४०) व संख्याशास्त्र घेऊन कलकत्ता विद्यापीठाची (१९४३) एम्. ए. पदवी मिळविली. नंतर त्यांनी केंब्रिज विद्यापीठाच्या पीएच्. डी. (१९४८) व डी. एस्सी (१९६५) या पदव्या मिळविल्या. ते भारतीय संख्याशास्त्र संस्थेत प्राध्यापक म्हणून काम करू लागले व १९७६ पासून तेथे जवाहरलाल नेहरू प्राध्यापक म्हणून आहेत. १९६३ पासून ते 'सांख्य' या नियतकालिकाचे सहसंपादक आहेत. त्यांनी संख्याशास्त्राच्या अनेक शाखांत मूलभूत स्वरूपाचे संशोधन केले असून त्यातील दोन सिद्धांत त्यांच्या नावाने ओळखले जातात. आनुवंशिकी, जीवसांख्यिकी व मानवशास्त्र या विषयांतही त्यांना रस असून त्यांनी संख्याशास्त्र व मानवमिती या विषयांतील ५ पुस्तके व १०० हून जास्त लेख लिहिले आहेत. शिवाय अनेक ठिकाणी त्यांना व्याख्यानासाठी निमंत्रणे येत असतात. रॉयल सोसायटी (१९६७) व अनेक संस्थांचे सदस्यत्व, अध्यक्षपद, तसेच अनेक पारितोषिके, सन्माननीय पदव्या व पदके आणि पद्मभूषण (१९६८) हे सन्मान त्यांना मिळाले आहेत.

गोपाळसमुद्रम् नारायण रामचंद्रन् :

यांचा जन्म केरळातील एर्नाकुलम येथे ८ ऑक्टोबर १९२२ रोजी झाला. त्यांनी मद्रास विद्यापीठाच्या एम. एस्सी. व डी. एस्सी. आणि केंब्रिज विद्यापीठाची पीएच्. डी. या पदव्या मिळविल्या आहेत. १९४६-५२ या काळात त्यांनी बंगलोरच्या इंडियन इन्स्टिट्यूट ऑफ सायन्समध्ये भौतिकीचे अध्यापन केले; नंतर १९६४ पर्यंत मद्रास विद्यापीठात जीवभौतिकीचे प्राध्यापक व पुढे १९७० पर्यंत तेथील सेंटर ऑफ अॅडव्हान्स्ड स्टडी इन बायोफिजिक्सचे सचिव व संचालक म्हणून त्यांनी काम केले आणि १९७० पासून ते बंगलोरच्या इंडियन इन्स्टिट्यूट ऑफ सायन्समध्ये गणितीय तत्त्वज्ञानाचे प्राध्यापक आहेत. तसेच मिशिगन व शिकागो विद्यापीठांत ते अभ्यागत प्राध्यापक म्हणून जातात. 'करंट सायन्स' (१९५०-५८) व 'जर्नल ऑफ इंडियन इन्स्टिट्यूट ऑफ सायन्स' (१९७३ नंतर) या नियतकालिकांचे त्यांनी संपादन केले असून ते अनेक देशी व परदेशी नियतकालिकांच्या संपादक मंडळांवरही आहेत.

अनुक्रमणिका

जीवभौतिकी व जैव वहुवारिकांच्या स्फटिकांच्या रचनेचे विश्लेषण यांविषयी त्यांनी महत्त्वाचे संशोधन केले आहे. अशा प्रकारे त्यांनी अनेक जैव रेणूंची रचना स्पष्ट केली आहे. उदाहरणार्थ, त्वचा, स्नायू व हाडे यांमधील संयोजी म्हणजे जोडणाऱ्या ऊतकांती आढळणाऱ्या कोलॅजेन नावाच्या प्रथिनाच्या रेणूची रचना कशी असते हे त्यांनी स्पष्ट केले. त्यांनी बंगलोरच्या वरील संस्थेत रेणवीय जीवभौतिकी या विषयाचा स्वतंत्र विभागच सुरू केला आहे. त्यांनी आठ पुस्तके व अनेक लेखही लिहिले आहेत.

इंडियन अकॅडेमी ऑफ सायन्सेस (१९५०), लंडनची रॉयल सोसायटी ऑफ आर्ट्स व रॉयल सोसायटी (१९७१), बोर्ड ऑफ सायंटिफिक अँड इंडस्ट्रियल रिसर्च इंडिया (१९६२–६५), अमेरिकन सोसायटी ऑफ बायॉलॉजिकल केमिस्ट्स (१९६५), अमेरिकन अकॅडेमी ऑफ सायन्स (१९७१), नॅशनल कमिटी फॉर बायोफिजिक्स वगैरे संस्थांचे सदस्यत्व; नॅशनल कमिटी फॉर क्रिस्टलोग्राफीचे अध्यक्षपद (१९६३–७०); भटनागर (१९६१), वाटुमल प्रतिष्ठान (१९६४), जॉन आर्थर विल्सन (१९६७), मेघनाद साहा (१९७१), जगदीशचंद्र बोस (१९७५), रामानुजन् (१९७५), डिस्टिंग्विश्ड आलम्नी (१९७८), फोग्रेटी (वॉशिंग्टन, १९७८), सी. व्ही. रामन (१९८२) या नावांनी ओळखली जाणारी पदके, पारितोषिके व पुरस्कार हे सन्मान त्यांना लाभले आहेत. शिवाय १९६८–७० मध्ये त्यांना जवाहरलाल नेहरू शिष्यवृत्ती मिळाली होती व १९८० साली आंतरराष्ट्रीय रोटरी चळवळीने त्यांचा असामान्य 'सायंटिस्ट ऑनर' म्हणून गौरव केला होता.

मोनकोंबू सांबशिवन स्वामीनाथन् :

या जीववैज्ञानिकांचा जन्म तामिळनाडूतील कुंभकोणम् येथे ७ ऑगस्ट १९२५ रोजी झाला. ते १९५२ साली केंब्रिज विद्यापीठाचे पीएच्. डी. झाले. त्यांनी कटक येथील मध्यवर्ती भात संशोधन संस्थेत (१९५४) व नंतर भारतीय कृषिसंशोधन संस्थेत १९७२ पर्यंत काम केले; पैकी १९६६–७२ या काळात ते तेथे संचालक होते. हल्ली ते फिलिपीन्समध्ये असलेल्या आंतरराष्ट्रीय भात संशोधन संस्थेचे महासंचालक आहेत.

बुटक्या जातीच्या गव्हाचा भारतात प्रसार करण्यासाठी व जादा उत्पादन देणाऱ्या बियाण्यांच्या लागवडीच्या कार्यक्रमास चालना देण्याबद्दल ते प्रसिद्ध आहेत. याकरिता त्यांनी बियाण्यांत सुधारणा करणे, प्रायोगिक प्रकल्पांची संख्या वाढविणे, भरपूर उत्पन्न देणाऱ्या विशेषतः गहू व भात यांच्या जातींचा शोध घेणे वगैरे कामे केली. त्यांनी कोरडवाहू शेती व मिश्रपिके यांसंबंधात सुधारणा करण्याचे कार्यही केले आहे. रॉयल सोसायटी (१९७३), अमेरिकेची नॅशनल अकॅडेमी ऑफ सायन्सेस, स्विडिश सीड्स असोसिएशन, इंडियन नॅशनल सायन्स अकॅडेमी, इंडियन अकॅडेमी ऑफ सायन्सेस, लेनीन अकॅडेमी ऑफ अॅग्रिकल्चरल सायन्सेस यांचे सदस्यत्व; न्यूट्रीशन सोसायटी ऑफ इंडिया (१९७२), इंडियन सोसायटी ऑफ न्यूक्लिअर टेक्निक्स इन अॅग्रिकल्चर अँड बायॉलॉजी (१९७६), इंडियन सोसायटी फॉर अॅग्रिकल्चर इकॉनॉमिक्स (१९७७) यांचे अध्यक्षपद तर इंटरनॅशनल काँग्रेस ऑफ जेनेटिक्स (१९६३) व यूनोचा प्रोटिन अँडव्हायझरी ग्रुप यांचे उपाध्यक्षपद, भारतातील कृषी व ग्रामीण विकासाचे सचिवपद (१९७९–८०), योजना आयोगाचे सदस्यत्व (१९८०–८१) वगैरे पदे त्यांनी भूषविली असून त्यांना शांतिस्वरूप भटनागर पदक (१९६१), झेकोस्लोव्हाकियाचे मेंडल शताब्दी स्मृति-पारितोषिक (१९६५), बिरबल सहानी पदक (१९६५), पद्मश्री (१९६७), पद्मभूषण (१९७२) रॅमन मॅगसेसाय पदक (१९७१), बार्कले पदक इत्यादी सन्मानही मिळाले आहेत.

अवतारसिंग पेंटल :

यांचा जन्म ब्रह्मदेशातील मोगॉक येथे २४ सप्टें. १९२५ रोजी झाला. त्यांचे वैद्यकीय शिक्षण लखनौ येथे झाले. त्यांनी एम. बी. बी. एस., एम. डी. व पीएच. डी. या पदव्या संपादिल्यावर संशोधनाद्वारे एडिंबर्ग विद्यापीठाची डी. एस्सी. पदवी मिळविली. हल्ली ते दिल्ली विद्यापीठाच्या वल्लभभाई पटेल चेस्ट इन्स्टिटयूटचे संचालक आहेत. कानपूर येथील संरक्षणविषयक प्रयोगशाळेत त्यांनी सैनिकांना

अनुक्रमणिका





देण्यात येणारे कपडे व औषधे तसेच छाती व पोटाचे विकार यांचे अध्ययन केले. त्यांनी फुप्फुसातील 'जे संवेदनाग्राहक' (रिसेप्टर) शोधून काढले या संवेदनाग्राहकांमुळे श्वास मंद होतो किंवा कधीकधी थांबतोही, असे त्यांना दिसून आले. लंडनच्या रॉयल सोसायटीचे वैद्यकातील ते पहिले भारतीय सदस्य झाले (१९८१). याशिवाय एडिंबर्ग रॉयल सोसायटी, इंग्लंड व भारत येथील फिजिऑलॉजिकल सोसायटी, इंडियन नॅशनल सायन्स अकॅडेमी, इंडियन कॉलेज ऑफ ॲलर्जी ॲंड इम्युनॉलॉजी, अकॅडेमी ऑफ मेडिकल सायन्सेस, इंडियन काउन्सिल ऑफ मेडिकल रिसर्च इत्यादींचे सदस्यत्व त्यांना लाभले असून त्यांना बसंती देवी अमीरचंद पारितोषिक (१९६७), बी. सी. रॉय पुरस्कार (१९७३), बार्कले पदक (१९८२), बनारस हिंदू विश्वविद्यालयाची सन्माननीय डी. एस्सी. पदवी (१९८२), रामेश्वरदास बिर्ला राष्ट्रीय पुरस्कार (१९८२–८३) व जवाहरलाल नेहरू पुरस्कार (१९८३) हे सन्मानही मिळाले आहेत.

मांबिल्लीकलाथिळ गोविंद कुमार मेनन :

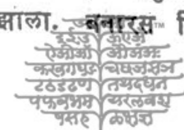
एम्. जी. के. मेनन म्हणून चटकन लक्षात येणाऱ्या या शास्त्रज्ञांचा जन्म कर्नाटकांतील मंगळूर येथे २८ ऑगस्ट १९२८ रोजी झाला. त्यांनी एम्. एस्सी. व पीएच्. डी. (ब्रिस्टॉल विद्यापीठ, १९५२) या पदव्या संपादिल्या असून १९५५ मध्ये ते टाटा इन्स्टिट्यूट ऑफ फंडामेंटल रिसर्चमध्ये दाखल झाले. १९६६–७५ या काळात ते या संस्थेचे संचालक होते व या संस्थेच्या विकासात त्यांनी मोलाची भर घातली आहे. भारत सरकारच्या इलेक्ट्रॉनिक्स आयोगाचे व विज्ञान खात्याचे अध्यक्ष (१९७१–७८); संरक्षण खात्याचे वैज्ञानिक सल्लागार, संरक्षण संशोधन व विकास संघटनेचे महासंचालक व संरक्षण संशोधनासाठी असलेल्या संरक्षण खात्याचे सचिव (१९७४–७८), काउन्सिल ऑफ सायंटिफिक ॲंड इंडस्ट्रियल रिसर्चचे महासंचालक (१९७८–८१), विज्ञान व तंत्रविद्या खात्याचे सचिव (१९७८–८२), अतिरिक्त ऊर्जा उद्‌गमांसाठी असलेल्या आयोगाचे अध्यक्ष (१९८१–८२), केंद्रीय मंत्रिमंडळाच्या वैज्ञानिक सल्लागार समितीचे सदस्य (१९८२ पासून), अवकाश आयोगाचे सदस्य (१९७२ पासून) इत्यादी पदांवर त्यांनी काम केले आहे आणि हल्ली ते योजना आयोगाचे सदस्य आहेत.

मुख्यतः त्यांनी विश्वकिरणांविषयी संशोधन केले असून या किरणांची नोंद करण्यासाठी लागणारे तंत्र व साधनसामग्री यांविषयीचे त्यांचे संशोधन महत्त्वाचे आहे. न्यूट्रिनो नावाच्या मूलकणांविषयीची माहिती मिळविण्यासाठीही त्यांनी प्रयत्न केले असून त्यांचे साठांहून अधिक लेख प्रसिद्ध झाले आहेत. इंडियन सायन्स काँग्रेस असोसिएशन व इंडियन नॅशनल सायन्स अकॅडेमी यांचे अध्यक्षपद (१९८१–८२), इंडियन अकॅडेमी ऑफ सायन्सेस (अध्यक्षपद १९७४–७६), रॉयल सोसायटी (१९७०) महाराष्ट्र अकॅडेमी ऑफ सायन्सेस (संस्थापक), इन्स्टिट्यूट ऑफ इलेक्ट्रॉनिक्स ॲंड टेलिकम्युनिकेशन एंजिनिअर्स (इंडिया), नॅशनल अकॅडेमी ऑफ सायन्सेस, एरॉनॉटिकल सोसायटी ऑफ इंडिया, अमेरिकन अकॅडेमी ऑफ आर्ट्स ॲंड सायन्सेस, विकासार्थ विज्ञान व तंत्रविद्येचा अवलंब करण्यासाठी संयुक्त राष्ट्रांच्या महासचिवांना सल्ला देण्यासाठी असलेली समिती (१९७२–७४), रोमची पाँटिफिकल अकॅडेमी ऑफ सायन्सेस (१९८१ पासून), रशियन अकॅडेमी ऑफ सायन्सेस (१९८२), स्टॉकहोम येथील फेडरेशन ऑफ इन्स्टिट्यूट्स फॉर ॲडव्हान्स्ड स्टडी, आशिया इलेक्ट्रॉनिकी संघटना वगैरेंचे सदस्यत्व; भटनागर पुरस्कार (१९६०), पद्मश्री (१९६१), पद्मभूषण (१९६८), खैतान पदक (१९७३) इत्यादी सन्मान त्यांना लाभले आहेत आणि दिल्ली, जोधपूर, श्री वेंकटेश्वर, अलाहाबाद, सरदार पटेल, रूरकी, बनारस हिंदू विश्वविद्यालय व जादवपूर या विद्यापीठांकडून आणि मद्रासच्या इंडियन इन्स्टिट्यूट ऑफ टेक्नॉलॉजीकडून त्यांना सन्माननीय डी. एस्सी. पदवी मिळाली आहे. हा शांत व धीरगंभीर स्वभावाचा शास्त्रज्ञ शैक्षणिक, सामाजिक व औद्योगिक प्रकल्पांतही सहभागी होत असतो.

देवेंद्र लाल :

या भौतिकीविदांचा जन्म १४ फेब्रुवारी १९२९ रोजी वाराणसीला झाला. बनारस हिंदू विश्व-

अनुक्रमणिका





विद्यालयातून एम. एस्सी. व मुंबई विद्यापीठाची पीएच. डी. या पदव्या त्यांनी मिळविल्या आहेत. टाटा इन्स्टिटयूट ऑफ फंडामेंटल रिसर्च (१९४९–७२) व अहमदाबादची फिजिकल रिसर्च लॅबोरेटरी यांचे संचालक (१९७२–८३) म्हणून काम केल्या-वर ते याच लॅबोरेटरीमध्ये १९८३ पासून प्राध्यापक आहेत. अणुकेंद्रीय भौतिकी आणि पृथ्वीविषयक विज्ञाने व अवकाशविज्ञान यांतील रसायनशास्त्राचा उपयोग यांविषयी त्यांनी विशेष संशोधनकार्य केले आहे. विश्वकिरण, भूभौतिकी, भौतिकीय रसायन-शास्त्र, उल्का व अशनी हे त्यांच्या खास अध्ययनाचे विषय आहेत. सूर्यकुल, उल्कापात व चंद्रावरील द्रव्य यांविषयीही त्यांचे अध्ययन चालू आहे. शिवाय किरणोत्सर्गी कार्बनाच्या साहाय्याने भारतातील पुरातत्त्वविद्येच्या संशोधनाला हातभार लावण्याचे त्यांचे प्रयत्न चालू आहेत. त्यांनी २०० पेक्षा जास्त शोधनिबंध लिहिले आहेत.

इंडियन नॅशनल सायन्स अकॅडेमी, इंडियन अकॅडेमी ऑफ सायन्सेस, इंडियन जिओफिजीकल युनियन, रॉयल सोसायटी (१९७९), अमेरिकेतील मिटिओरॉलॉजिकल सोसायटी, अमेरिकन नॅशनल अकॅडेमी ऑफ सायन्सेस (१९७५), इंडियन सोसायटी फॉर प्रिहिस्टॉरिक अँड क्वाटर्नरी स्टडीज इत्यादी संस्था-संघटनांचे सदस्यत्व त्यांना मिळाले आहे. तसेच कृष्णन् पदक (१९६५), भटनागर पुरस्कार (१९६७), पद्मश्री (१९७१), बनारस हिंदू विश्वविद्यालयाची सन्माननीय डी. एस्सी. पदवी वगैरे सन्मानही त्यांना मिळाले आहेत.

चिंतामणी नागेश रामचंद्र राव :

यांचा जन्म बंगलोर येथे झाला असून त्यांनी बनारस, पर्ड्यू व म्हैसूर विद्यापीठांच्या अनुक्रमे एम. एस्सी., पीएच. डी. व डी. एस्सी. या पदव्या मिळविल्या आहेत. कानपूर येथील इंडियन इन्स्टि-टयूट ऑफ टेक्नॉलॉजीमध्ये रसायनशास्त्र विभाग-प्रमुख व हिंदुस्थान इन्सेक्टिसाइड्स लिमिटेडचे अध्यक्ष (१९७०–७५) म्हणून त्यांनी काम केले असून सध्या ते बंगलोरच्या इंडियन इन्स्टिटयूट ऑफ सायन्समधील सॉलिड स्टेट अँड स्ट्रक्चरल युनिटचे अध्यक्ष व प्राध्यापक आहेत. याशिवाय त्यांनी केंद्रीय मंत्रिमंडळाच्या वैज्ञानिक सल्लागार समितीचे सदस्य व पर्ड्यू (१९६७–६८), ऑक्सफर्ड (१९७४–७५), लॅट्रोबे (ऑस्ट्रेलिया) व केंब्रिज (१९८३–८४) या विद्यापीठांत अभ्यागत प्राध्यापक व विद्या-पीठ अनुदान आयोगाचे रसायनशास्त्राचे राष्ट्रीय प्राध्यापक म्हणूनही काम केले आहे.

घनअवस्था रसायनशास्त्र, पृष्ठीयविज्ञान, वर्ण-पटविज्ञान, रेणूंची रचना हे त्यांच्या संशोधनाचे विषय आहेत. त्यांनी १२ पुस्तके व ३५० पेक्षा जास्त संशोधनपर लेख लिहिले असून ते अनेक आंतरराष्ट्रीय नियतकालिकांच्या संपादकमंडळां-वरही काम करतात. जवाहरलाल नेहरू फेलो (१९७३–७५), तसेच रॉयल इन्स्टिटयूट ऑफ केमिस्ट्री, इंडियन अकॅडेमी ऑफ सायन्सेस, इंडियन नॅशनल सायन्स अकॅडेमी, अमेरिकन केमिकल सोसा-यटी (१९७६), युगोस्लाव्हियाची अकॅडेमी ऑफ सायन्सेस (१९८१), रॉयल सोसायटी (१९८२), यांचे सदस्यत्व त्यांना मिळाले असून आफ्रालाशियन अकॅडेमी ऑफ सायन्सेसचे ते संस्थापकसदस्य आहेत. शिवाय मार्लो पदक (१९६७), भटनागर पुरस्कार (१९६८), यदेनापल्ली पदक व पारितोषिक (१९७३), पद्मश्री (१९७४), रामन पुरस्कार (१९७५), सत्येंद्रनाथ बोस व रॉयल सोसायटी ऑफ केमिस्ट्री (लंडन) चे पदक (१९८१) आणि कर्नाटक राज्य पुरस्कार (१९८२) हे सन्मान त्यांना मिळाले आहेत.

पुरुषोत्तमशास्त्री गणेशशास्त्री नानल (१८८४–१९४४) यांनी आयुर्वेदाविषयी संशोधन केले व आयुर्वेदाच्या अध्ययनास चालना दिली; तर केशव लक्ष्मण दप्तरी (१८८०–१९५६) यांनी ज्योतिर्गणितासंबंधी संशोधन केले आणि केशवराव कृष्णराव दाते (१९१२–८३) या प्रसिद्ध हृद्-रोगतज्ज्ञांनी मधुमेह, अतिरक्तदाब, वजनातील वाढ व हृदयविकार यांविषयी संशोधनपर लेख लिहिले. माधव नारायण कामत (जन्म १८९७) यांनी वनस्पतिरोगविज्ञान व कवकविज्ञान या विष-यांचे संशोधन केले तर एस्. के. कुलकर्णी-जतकर (जन्म १८९७) यांनी रसायनशास्त्रातील अनेक विषयांवर (उदा., पाणी, नायट्रोजन, डायपोल मोमेंट इत्यादी) संशोधन केले असून श्रीधर शांताराम आजगावकर (जन्म १७ जून १९०७





रोजी मालवणला; पदव्या : एफ्. ए. आय्. आय्. डी., एफ्. सी. जी. पी., एफ्. आय्. एम्. एस्. व एल्. एम्.) यांनी मधुमेहाविषयी संशोधन व लेखन केले आहे व त्यांच्या या कार्यामुळे त्यांना मधुमेहाविषयीच्या आंतरराष्ट्रीय पातळीवरील संस्था-संघटनांत स्थान प्राप्त झाले आहे. पांडुरंग वासुदेव सुखात्मे (जन्म १९११) यांनी जीवसांख्यिकी व पोषण यांविषयी संशोधन केले असून ते संयुक्त राष्ट्रांच्या अन्न व कृषी संघटनेचे संचालक झाले. भालचंद्र नीळकंठ पुरंदरे (जन्म १९११) या प्रसिद्ध स्त्रीरोगतज्ज्ञांनी कुटुंबनियोजनाविषयी महत्त्वाचे काम केले आहे. आत्माराम भैरव जोशी (जन्म १७ नोव्हेंबर १९१६ रोजी जबलपूरला; पदव्या : एम्. एस्सी. पीएच्. डी. केंब्रिज.) यांनी वनस्पति-प्रजनन व आनुवंशिकी या विषयांत संशोधन केले असून त्यांनी या विषयांच्या आंतरराष्ट्रीय संस्था-संघटनांवरही काम केले आहे. त्यांना पद्मश्री व बोरलाग पुरस्कार (१९७६) हे सन्मान लाभले आहेत. रा. वा. ताम्हणकर (जन्म १९१७; एम्. एस्सी, पीएच्. डी. पॅरिस) यांनी धातुविज्ञानातील अनेक विषयांचे संशोधन केले असून ते मिश्रधातू निगम, डिफेन्स मेटॅलर्जीकल लॅबोरेटरीजचे संचालक होते. बाळ दत्तात्रय टिळक (जन्म २६ सप्टेंबर १९१८ रोजी करंजा येथे; पदव्या : पीएच्. डी., डी. फिल्., डी. एस्सी, ऑक्सफर्ड). या पुण्याच्या राष्ट्रीय रासायनिक प्रयोगशाळेच्या माजी संचालकांनी रंजकद्रव्यांविषयी व कार्बनी रसायनशास्त्रात संशोधन केले आहे. वासुदेव बानर्जी पदक (१९५९), भटनागर पुरस्कार (१९६३), पद्मभूषण (१९७२) इत्यादी सन्मान त्यांना मिळाले आहेत. वसंत शंकर हुजुरबाजार (जन्म १९१९) यांनी गणितीय संख्याशास्त्र, गणितीय तर्कशास्त्र व संभाव्यता सिद्धांत यांविषयीचे संशोधन केले आहे, तर कृष्ण राजाराम सुरंगे (जन्म १९२०) या लखनौच्या बिरबल सहानी इन्स्टिटच्यूट ऑफ पॅलिओबॉटनी या संस्थेच्या माजी संचालकांनी व पुण्याच्या विज्ञानवर्धिनी महाराष्ट्राच्या संचालकांनी पुरावनस्पतिविज्ञान या विषयात संशोधन केले आहे. होमी नसेरवानजी सेठना [जन्म २४ ऑगस्ट १९२३ रोजी मुंबईला; पदव्या : बी. एस्सी. (टेक्), मुंबई व एम्. एस्. ई. (रासायनिक अभियांत्रिकी), मिशिगन] या अणुऊर्जा आयोगाच्या माजी अध्यक्षांनी तुर्भे येथील प्लुटोनियमचे संयंत्र उभारण्यात मोलाचे कार्य केले आहे. त्यांना भटनागर पुरस्कार (१९६०), सर विल्यम जोन्स स्मृतिपदक (१९७४), पद्मश्री (१९५९), पद्मभूषण (१९६६), पद्मविभूषण (१९७५), सर्वाधिकारी सुवर्णपदक (१९७५) व अनेक विद्यापीठांच्या सन्माननीय पदव्या वगैरे सन्मान मिळाले आहेत. राजा रामण्णा (जन्म २८ जानेवारी १९२५ रोजी बंगलोरला; पदव्या : बी. एस्सी. ऑनर्स, पीएच. डी., लंडन) या अणुऊर्जा आयोगाच्या अध्यक्षांनी अणुकेंद्रीय भौतिकीत विशेष संशोधन केले असून त्यांना भटनागर पुरस्कार (१९६३), मेघनाद साहा पारितोषिक (१९८४) व अनेक सन्माननीय पदव्या इत्यादी बहुमान मिळाले आहेत. विश्वनाथ अनंत अळतेकर (जन्म ४ मार्च १९२५ रोजी साताऱ्याला; पदव्या : एम्. एस्., डी. एस्सी.) या १९६९ पासून जमशेटपूर येथील राष्ट्रीय धातुवैज्ञानिक प्रयोग शाळेचे संचालक असलेल्या धातुवैज्ञानिकांनी जस्ताविषयी खास संशोधन केले आहे. त्यांना अनेक देशी-परदेशी संस्था-संघटनांचे सदस्यत्व, तसेच कामानी सुवर्णपदक, १९६८ सालचे धातुवैज्ञानिक, सर गंगाराम स्मृति-सुवर्णपदक (१९७९-८०) व अनेक पुरस्कार हे सन्मान लाभले आहेत. भिकाजी बळवंत गायतोंडे (जन्म २९ डिसेंबर १९२६ रोजी वांद्याला; पदव्या : एम्. बी. बी. एस्., एम्. एस्सी., एम्. डी.) मुंबईच्या हाफकिन्स संस्थेचे माजी संचालक (१९७२-७८) व १९७९ पासून जागतिक आरोग्य संघटनेच्या (SEARO) आरोग्य प्रयोगशालीय सेवेमध्ये प्रादेशिक सल्लागार असलेल्या या शास्त्रज्ञांनी औषधिक्रियाविज्ञानात संशोधन केले असून या विषयाची पुस्तकेही लिहिली आहेत. भालचंद्र माधव उदगावकर (जन्म १४ सप्टेंबर १९२७ रोजी कऱ्हाडला; एम. एस्सी.) यांनी प्रथम मूलकणांविषयी व नंतर उच्च ऊर्जा भौतिकीतील संशोधन केले असून सध्या ते टाटा इन्स्टिट्यूट ऑफ फंडामेंटल रिसर्च या संस्थतील सैद्धांतिक भौतिकी गटाचे प्रमुख आहेत. कृष्ण दामोदर अभ्यंकर (जन्म १९२८ साली; पदव्या : एम. एस्सी.

अनुक्रमणिका

पीएच. डी., कॅलिफोर्निया) यांनी ज्योतिषशास्त्र व वर्णपटविज्ञान यांमध्ये संशोधन केले असून ते हैद्राबादच्या उस्मानिया विद्यापीठात ज्योतिषशास्त्राचे प्राध्यापक आहेत. वसंत र. गोवारीकर (जन्म १९३२; एम. एस्सी., पीएच. डी., बर्किंगहॅम) विक्रम साराभाई रॉकेट रिसर्च स्टेशनचे संचालक असलेल्या या वैज्ञानिकांनी एस. एल. व्ही.–३ या उपग्रहवाहकाच्या विकासात महत्त्वाचे कार्य केले आहे. जयंत विष्णू नारळीकर (जन्म १९ जुलै १९३८ रोजी कोल्हापूरला; पदव्या : एम. ए., पीएच. डी., डी. एस्सी. केंब्रिज) विश्वाच्या स्थिर–अवस्था उपपत्तीविषयीचे यांचे संशोधन महत्त्वाचे असून त्यांनी हॉइल यांच्या जोडीने विश्वातील द्रव्याच्या निर्मितीसंबंधी गणितीय विवरण केले आहे. १९६४ साली त्यांनी गुरुत्वाकर्षणाचा एक नवीन सिद्धांत मांडला व त्यात जडत्व हा वस्तूचा मौलिक गुणधर्म नसून त्याचा विश्वाच्या रचनेशी संबंध असल्याचे त्यांनी म्हटले आहे. त्यांनी व के. एम. व्ही. अप्पाराव यांनी विश्वात कृष्णविवरांप्रमाणेच श्वेतविवरेही असून ती द्रव्य व ऊर्जा यांची उगमस्थाने आहेत, असे मत मांडले आहे. नारळीकर यांना हायसन पदक (१९६०), स्मिथ व ॲडम्स पारितोषिके (१९६२ व १९६७), पद्मभूषण (१९६५), केंब्रिज विद्यापीठाची एस्सी. डी. पदवी (१९७६), भटनागर पुरस्कार (१९७८), फाय फाउंडेशनचा ‘राष्ट्रभूषण’ पुरस्कार (१९८३) इत्यादी अनेक बहुमान मिळाले आहेत. १९७२ सालापासून ते मुंबईच्या टाटा इन्स्टिटयूट ऑफ फंडामेंटल रिसर्च येथे प्राध्यापक आहेत.

यांशिवाय विष्णू पी. साने (लखनौच्या राष्ट्रीय वनस्पतिवैज्ञानिक संशोधन संस्थेचे उपसंचालक) हे वनस्पतिवैज्ञानिक व कृषितज्ज्ञ; बळवंत शंकर जोशी (अमेरिकेतील जॉर्जिया विद्यापीठाच्या इन्स्टिटयूट ऑफ नॅचरल प्रॉडक्टमध्ये १९८२ पासून संशोधक) हे रसायनशास्त्रज्ञ; बाळकृष्ण गणेश देशपांडे (महाराष्ट्र विज्ञान वर्धिनीतील भूविज्ञानाचे मानद प्राध्यापक), गजानन राजाराम उदास (अणुऊर्जा खात्याच्या किरणोत्सर्गी खनिज विभागाचे संचालक) हे भूवैज्ञानिक; शरच्चंद्र शंकर श्रीखंडे (अलाहाबाद येथील गणित व गणितीय भौतिकीविषयीच्या संशोधन संस्थेचे १९८३ पासून संचालक) हे गणिती; विष्णू गणेश भिडे (पुणे विद्यापीठाचे कुलगुरू), माधव रामचंद्र भिडे (पुणे विद्यापीठाच्या भौतिकी विभागाचे प्रमुख), बाजी विनायक ठोसर (टाटा इन्स्टिटयूट ऑफ फंडामेंटल रिसर्च येथील गुणश्री प्राध्यापक) हे भौतिकीविज्ञ; माधव काशीनाथ दळवी (भारत सरकारचे वनांविषयीचे महानिरीक्षक) हे वनविद्यातज्ज्ञ; प्रमोद काळे व ई. व्ही. चिटणीस (अहमदाबाद येथील सॅटेलाइट टेक्नॉलॉजी सेंटरचे संचालक) हे अवकाशविज्ञानातील तज्ज्ञ; अच्युत पुरुषोत्तम कानविंदे (नवी दिल्ली) हे वास्तुविशारद; प्रभाकर रामचंद्र बापट (मुंबई), वसंत द्वारकानाथ देसाई (मुंबई), मुरलीधर विनायक देशपांडे (पुणे), प्रमोद आनंद परांजपे (बंगलोर), भास्कर विठ्ठल रोटकर (नागपूर), सरोश इराच तारापोरवाला (मुंबई), गंगाधर सदाशिव तेंडोलकर (मुंबई), सुरेश रामराव विजयकर (हैदराबाद) हे अभियंते; महादेव कृष्णाजी गणपुळे (बंकानेर), किरण शरच्चंद्र कर्णिक (अहमदाबाद), माधव गणेश कुलकर्णी (मुंबई), शामराव हरिश्चंद्र म्हात्रे (मुंबई), गोपाळकृष्ण बी. नाडकर्णी (मुंबई), आनंद जी. नाईक-कुराडे (नवी दिल्ली), मनोहर विश्वनाथ निमकर (मुंबई), वसंत माधव पै (मंगलोर), सीताराम प्रताप पंडित (मुंबई), मधुकर दिनकर पारकर (मुंबई), श्रीकृष्ण पुरुषोत्तम पोतनीस (मुंबई), भगवंत सीताराम रांगणेकर (ठाणे), कृष्ण विनायक तालचेरकर (नवी दिल्ली) हे विविध तंत्रविद्यांमधील तज्ज्ञ; आनंद माधव देशपांडे (पुणे), अश्विनीकुमार जे. ध्रुव (मुंबई), गोविंद रामचंद्र गोडे (नवी दिल्ली), सुरेंद्र गजानन तळवळकर (मुंबई), जॉन बार्नेबस (अहमदनगर), दिनकर शिवराम प्रधान (मुंबई), ओबैद सिद्दिकी (मुंबई), पद्माकर सदाशिव बिडवई (बुरहानपूर), लेखा कमलाकर पाठक (मुंबई), शांतिकुमार ज्ञानेश्वर भांडारकर (मुंबई), चिंतामण वासुदेव तळवळकर (मुंबई), रामचंद्र दत्तात्रय लेले (मुंबई), नौशीर एच्. वाडिया (मुंबई), मधुकर डी. देशमुख (मुंबई), पी. एम्. पै (मुंबई), माधव गजानन देव (मुंबई), शांताराम गोपाळ देवधरे (मुंबई), रजनीनाथ शांताराम सातोस्कर (मुंबई),

नरहर शंकर देवधर (पुणे), गोपाळ अनंत पानसे (मुंबई), पद्माकर विष्णू साठे (औरंगाबाद), दाराष जहांगीर जस्सावाला (मुंबई), कमलाकर चिंतामण गद्रे (मुंबई), पंढरीनाथ प्रभाकर कर्णिक (मुंबई), स्वामीदास रघुनाथ रेगे (मुंबई), स्नेहलता शामराव देशमुख (मुंबई), शरद पांडे (मुंबई), गुरुकुमार भालचंद्र परूळकर (मुंबई) हे वैद्यकशास्त्राच्या विविध शाखोपशाखांतील तज्ज्ञ; संभाजी नारायण भावसार (पुणे), मनोहर गोपाळ वडाळकर (पुणे) हे आयुर्वेदातील तज्ज्ञ; मित्रचंदा लक्ष्मण ढवळे (मुंबई), कुमुदीश परमानंद मुजुमदार (मुंबई) हे होमीओपॅथीतील तज्ज्ञ; महंमद मुख्तार इलाही (मुंबई) हे युनानी वैद्यकातील तज्ज्ञ इत्यादी विविध विज्ञानांतील तज्ज्ञांची नावे 'इंडिया हूज हू १९८४' (आय. एन. एफ्. ए. – इंडियन न्यूज अँड फिचर अलायन्सेसचे प्रकाशन) मध्ये आढळतात.

[**संदर्भ** : १) अर्वाचीन भारतीय वैज्ञानिक, भाग १ ते ४ (भालबा केळकर), २) भारताची विज्ञानभूषणे (ना. बा. कोगेकर), ३) सम एमिनंट इंडियन सायंटिस्ट्स (जगजित सिंग), ४) मराठी विश्वकोश.]



साभार पोच

* **मी; जेनी** – अ. अं. कुलकर्णी; श्रीविद्या प्रकाशन, २२५ शनिवार पेठ, पुणे ४११०३०; १९८४; पृ. १५४; किं. रु. ३२.५०
* **बंद दरवाजा** – लक्ष्मण माने; ग्रंथाली प्रकाशन, ३४/९०२, नेहरूनगर, मुंबई ४०००२४; १९८४; पृ. १९१; किं. ३० रुपये.
* **स्त्री-पुरुष** – छाया दातार; ग्रंथाली प्रकाशन, ३४/९०२, नेहरूनगर, मुंबई ४०००२४; १९८४; पृ. १६८, किं. २२ रुपये.
* **खिल्ली** – पु. ल. देशपांडे; श्रीविद्या प्रकाशन, २५० शनिवार पेठ, पुणे–४११०३०; १९८४; पृ. २१२; किं. ४० रुपये.

प्रारंभिक शिक्षणाच्या सार्वत्रिकीकरणाच्या संदर्भात

प्राथमिक विज्ञान-शिक्षण : आढावा आणि काही विचार



वि. गो. कुलकर्णी

प्रास्ताविक

शिक्षण हे सामाजिक पुनर्रचनेचे एक प्रभावी साधनं आहे. शिक्षणाचे सार्वत्रिकीकरण झाल्याविना म्हणजे सर्व भारतीय जनता निदान अडाणीपणाच्या कोंडवाड्यातून बाहेर पडल्याविना, सुबत्ता आणि सामर्थ्य संपादन करण्यासाठी आखलेल्या विकासाच्या योजनांना गती आणि रुचिर रूप-रंग मिळत नाही इत्यादी सामाजिक जाणिवा तशा खूप जुन्या आहेत. अव्वल इंग्रजीतही स्वराज्याच्या चळवळीबरोबरच सामाजिक सुधारणा, विशेषेकरून शिक्षणाधिष्ठित सुधारणा हाती घेण्यात आल्या. निदान महाराष्ट्रात तरी या दूरदृष्टीचा अभाव जाणवला नाही. तत्कालीन भारताचे चित्र पाहता बंगाल, महाराष्ट्र अग्रेसर असून इतर प्रांत कमीअधिक प्रमाणात ह्यांचे अनुकरण करीत असत, असे दृश्य दिसून येई. महाराष्ट्रात तर स्त्री-शिक्षण, कमवा आणि शिकवा, दुर्बल घटकांसाठी शिक्षण, स्वाभिमान जागृत करणारे राष्ट्रीय शिक्षण, उत्सवादी कार्यक्रमांतून जनतेचे उद्बोधन असे अनेकविध कल्पक आणि धाडसी प्रयोग करण्यात आले. त्यांसाठी आवश्यक ते मनुष्यबळ आणि पैसा गोळा करण्यात तत्कालीन नेतृत्वाला अपयश आले नाही.

स्वातंत्र्यप्राप्तीनंतर शिक्षणाचे नियोजन करण्याची अभूतपूर्व संधी आम्हास मिळाली. त्या काळी तज्ज्ञ गटाच्या अभ्यास मंडळाने असा निष्कर्ष काढला की, भारतीय शिक्षणपद्धतीत तीन ढोबळ उणिवा आहेत. जिला शिक्षणसंस्था असे म्हणता येईल, म्हणजे ज्या संस्थेचे जाळे देशभर पसरलेले आहे ती मॅकॉलेप्रणीत संस्था असून, इंग्रजांची चाकरी करू इच्छिणाऱ्या मूठभर एतद्देशीयांना तयार करण्यापलीकडे उच्च वा पवित्र ध्येय तिच्यासमोर नाही. जुन्या पाठशाळा तर अगदीच अस्तंगत झालेल्या. अशा परिस्थितीत शिक्षणाची पुनर्रचना तीन अंगांनी होणे आवश्यक आहे, असा विचार मांडण्यात आला. शिक्षणाचे सार्वत्रिकीकरण करून, "शहाणे करून सोडावे सकल जना" हे एक अंग. नव्या भारताच्या उभारणीस आवश्यक ते मनुष्यबळ तयार करण्यासाठी, केवळ चाकरमान्यांच्या दृष्टीने आखलेल्या शिक्षणपद्धतीत योग्य ते बदल करून, नवी पद्धती सिद्ध करणे हे दुसरे अंग. आणि तितकीच महत्त्वाची गोष्ट म्हणजे कोणते राजश्री काय म्हणतात याचा पाढा वाचण्यावर भर न देता स्वयंप्रज्ञा जोपासली जाईल, नवे विचार, नवे शोध, नव्या क्लृप्त्या या भरतभूमीत उदय पावतील असे कसदार शिक्षण देणे हे तिसरे अंग. या तीनही अंगांचा विचार आपल्या नेत्यांनी केला आणि हे तीनही कार्यक्रम एकाच वेळी हाती घेणे आर्थिकदृष्ट्या परवडण्यासारखे नसल्यामुळे, शिक्षणाच्या सार्वत्रिकीकरणाला अग्रक्रम देण्यात आला.

वरवर विचार करिता यात काहीतरी गफलत झाली असे वाटेल. एखादी यंत्रणा लहान असते तोवरच तिचे स्वरूप बदलणे सुलभ असते; परंतु तिने एकदा विराट रूप धारण केले की, मग तिला इष्ट तो आकार देणे दुर्घट होते. म्हणून शिक्षणाचा कस वाढविणे, भारतीय विकासकार्यक्रमांना अनुकूल तसेच आपणास पूज्य वाटणाऱ्या मूल्यांचे संवर्धन करू शकेल अशा प्रकारची शिक्षणयंत्रणा प्रथम सिद्ध करून मगच तिचे सार्वत्रिकीकरण करावयास हवे होते, असाही एक मतप्रवाह होता; आजही आहे. तथापि इतर विकसनशील देशांच्या अनुभवांचे परिशीलन केल्यावर आपला निर्णय कितीतरी सुदैवी होता असे वाटू लागते.

दुसऱ्या महायुद्धाच्या समाप्तीनंतर जगातील अनेक देशांना स्वातंत्र्य मिळाले. यांत आफ्रिका





आणि दक्षिण अमेरिका खंडांतील अनेक देश आहेत. तेथे वसाहतवादी राज्यसत्ता अंतर्धान पावली हे खरे; परंतु तिच्या जागी आलेल्या स्वदेशी हुकूमशहांनी, "परकी बरे" असे म्हणायची पाळी आणली. त्या देशांत जे मूठभर अर्धशिक्षित लोक होते, त्यांना नव्या शासनयंत्रणेत फारच मोठी पदे मिळाली, आणि या साऱ्यांचा परिणाम म्हणजे जनतेच्या दुर्दैवास पारावार राहिला नाही. आज तेथे शिक्षणाची सुधारणा या शब्दप्रयोगाचा एकच अर्थ जनतेस समजतो, तो म्हणजे या कूरकर्म्या शास्त्यांचे पिळवणुकीचे हत्यार अधिक तीक्ष्ण करणे. या भूमिकेने संतप्त झालेल्या जनतेला चुचकारून घेऊन शिक्षणाची पुनर्रचना करणे जवळ जवळ असाध्य झाले आहे. गेल्या शतकातील भारतीय, विशेषेकरून मराठी नेत्यांच्या दूरदर्शीपणामुळे आम्ही निदान या गर्तेत तरी पडलो नाही. रानडे, गोखले, फुले, भाऊराव पाटील, आगरकर या नावांचे आदरयुक्त कौतुक आजही होते; परंतु त्यांच्या कार्याचे महत्त्व जेवढ्या तीव्रतेने उमगावयास पाहिजे तेवढे उमगत नाही असे वाटल्यावरून, विषयांतराचा दोष पत्करूनही हे विवेचन केले.

शिक्षणाचे सार्वत्रिकीकरण करावयाचे असे धोरण ठरल्यानंतर त्याची कार्यवाही खूपच तडफेने करण्यात आली आहे. सहा ते चौदा या वयोगटातील प्रत्येक मुलास चालत शाळेत जाता येईल इतक्या शाळा बांधण्यात आल्या. अगदी दुर्गम ठिकाणीसुद्धा, एकशिक्षकी का होईना, शाळा चालू करण्यात आल्या. लोकसंख्या भराभर वाढत असतानाही इयत्ता पहिलीमध्ये सहा वर्षाची जवळ जवळ सर्व मुले पटावर दाखल होतील इतकी प्रगती आपण केली. गरीब देशामध्ये शिक्षणाचा कसलाही खर्च पालकांना परवडत नाही हे लक्षात घेऊन प्राथमिक शिक्षण सक्तीचे आणि मोफत तर केलेच, शिवाय पुस्तके, वह्या इत्यादी साधनांची घाऊक निर्मिती करून, तसेच शिष्यवृत्त्या, पुस्तक-पेढ्या अशा नवनवीन योजना आखून शिक्षणाचा आनुषंगिक खर्चही कमी केला आहे. तामिळनाडू सरकारची दुपारच्या भोजनाची योजना हे अगदी अलीकडे उचललेले महत्त्वाकांक्षी पाऊल. या साऱ्यांचे कौतुक करावे तितके थोडेच. इतर विकसनशील देशांच्या तुलनेने ही प्रगती केवळ लक्षणीय नव्हे तर अक्षरशः नेत्रदीपक आहे.

तथापि, या साऱ्या परिश्रमांचे जे इष्ट आणि अपेक्षित फळ ते मात्र दुर्लभच राहिले आहे. प्राथमिक स्तरावरील प्रचंड गळती, शालेय अभ्यासक्रमातील सत्त्वहीनता या साऱ्यांमुळे बहुजन समाज एक तर शिक्षणापासून वंचित राहिला; आणि ज्या काही थोडयांना शालेय शिक्षण पूर्ण करता आले त्यांना आपण मिळविलेल्या प्रशस्तिपत्राला बाजारात फारशी किंमत नाही, असा अनुभव येत आहे. शिक्षणाच्या नवीन सुधारणांचे हसे होऊ लागल्यामुळे त्या साऱ्या यंत्रणेवरचा लोकांचा विश्वास उडत चालला आहे. तसेच, भारताच्या विकासकार्यातील विज्ञान आणि तंत्रज्ञान यांचे स्थान, आणि कल्पक तसेच तज्ज्ञ वैज्ञानिक व तंत्रज्ञ यांच्या अभावी विकासाला पडलेली खीळ यांच्या सामाजिक जाणीवेने शिक्षणावरील टीकेला फारच धार येऊ लागली आहे. यातील उच्च शिक्षणाच्या अंगाचा विचार येथे करावयाचा नाही. प्राथमिक स्तरावरील प्रचंड गळती, आणि तीमुळे साक्षरतेसारख्या पायाभूत उद्दिष्टांचीसुद्धा होत आलेली पीछेहाट, तसेच त्यावर उपाय म्हणून प्रचलित असलेले विविध प्रयोग, यांचा आढावा घेऊन शिक्षणासंबंधी एक ठोस विचार मांडणे यासाठी या लेखाचा प्रपंच.

औपचारिक शिक्षणातील समस्या

पहिल्या एक-दोन वर्षांतील गळतीचे प्रचंड प्रमाण ही औपचारिक शिक्षणातील सर्वांत मोठी समस्या आहे. ग्रामीण भागात तसेच स्त्री-वर्गात हे प्रमाण फारच मोठे आहे. स्त्रिया शिक्षणापासून वंचित राहिल्याने, शिक्षणाचा जो काही प्रसार व्हावयाचा तोही चिरस्थायी होत नाही. सामान्यतः साक्षर स्त्री आपली मुले निरक्षर राहू देत नाही, हे लक्षात घेता वरील विधानाचे महत्त्व लक्षात येईल. ग्रामीण भागात शिक्षणाचा प्रसार होण्याची आवश्यकता यावरही भाष्य करण्याची जरूरी नाही. प्राथमिक स्तरावरील ही गळती थांबवून शिक्षणाचे खऱ्या अर्थाने सार्वत्रिकीकरण करण्यासाठी जे संशोधन-प्रकल्प, शासकीय तसेच खाजगी क्षेत्रांत, हाती घेतले जातात त्यांचे तीन प्रमुख वर्ग आहेत. या वर्गांची

भूमिका संक्षेपाने मांडून नंतर त्यांच्या अनुभवांचे विश्लेषण करणे उपयुक्त ठरेल.

पहिला विचार असा की, गळतीचे खापर दारिद्र्यावर फोडण्यात फारसे स्वारस्य नाही. दारिद्र्य हे गळतीचे प्रमुख कारण आहे हे खरे असले तरी, अशा विवेचनातून दारिद्र्यामुळे गळती आणि गळतीमुळे विकासाला खीळ या दुष्टचक्रातून बाहेर पडण्याचा मार्ग दिसत नाही. त्यापेक्षा दारिद्र्याहून अन्य अशी काही कारणे गळतीस कारणीभूत होत असतील, तर त्यांचा अभ्यास करून, निदान ती तरी कारणे दूर करता आली तर पाहावे, या विचारातून काही प्रकल्प निर्माण झाले. अभ्यासक्रम, पाठ्यपुस्तकातील तसेच वर्गात शिक्षकांनी वापरावयाची भाषा, ज्यांचे पालक निरक्षर आहेत अशा मुलांच्या शैक्षणिक समस्यांची जाणीव शिक्षकांना करून देणे इत्यादी उपायांनी शाळेचा धसका कमी करता आला तर गळतीचे प्रमाण कमी करता येईल आणि बहुजनसमाजात शालेय शिक्षणाचा प्रसार दृढमूल करता येईल असा हा विचार आहे.

दुसरा विचार असा की, औपचारिक शिक्षणपद्धती हीच मुदलात दोषी आहे. शिक्षणाच्या सार्वत्रिकीकरणाच्या प्रचंड प्रयत्नांमुळे ज्यांच्या घरांत शतकानुशतके अक्षरांचा स्पर्श झालेला नाही अशा घरांतील मुले उमेदीने शिकण्यासाठी शाळेत येतात. परंतु तेथील अभ्यासक्रम, शिकवण्याची आणि शिकण्याची पद्धत, शाळेची वेळ आणि एकूणच तेथे वावरण्यासाठी लागणाऱ्या चालीरीतींचे अज्ञान, या व अशा कारणांनी नाउमेद होऊन मुले शाळेच्या बाहेर पडतात. काहीतरी थातुर–मातुर सुधारणा करून हा प्रश्न सुटणार नाही. त्यासाठी जीवनाभिमुख, ज्याची उपयुक्तता निरपवाद असून तत्काल फलदायी आहे, अशा अनौपचारिक शिक्षणक्रमाची निर्मिती केली पाहिजे. रात्रीच्या वेळी, दमून–भागून आलेल्या कष्टजीवी मुलामुलींना हसत–खेळत शिक्षण देणारी पद्धतीच हे कार्य करू शकेल, असा या विचाराचा पाया.

तिसरा विचार असा की, औपचारिक काय किंवा अनौपचारिक काय, एका माहीतगार व्यक्तीने काही विद्यार्थी गोळा करून प्रत्यक्ष संपर्कातून, गुरुमुखाने ज्ञान देणे ही प्रक्रियाच नवीन तंत्रज्ञानामुळे जुनाट ठरली आहे. आजची माध्यमे अत्यंत प्रभावी आहेत. त्यांचा वापर केल्यास अल्प खर्चात ज्ञानदान करता येईल. दुर्गम ठिकाणीही दूरचित्रवाणी पोहोचू शकते. तसेच दृक-श्राव्यादी सर्व माध्यमांचा उपयोग त्यात असल्यामुळे विद्यार्थ्यांना शाळेत येण्यास प्रवृत्त करणे, आल्यावर खिळवून ठेवणे इत्यादी समस्या अल्पखर्चात आणि सहज सुटतील.

या तीनही विचारांत थोडे थोडे तथ्य आहे. तसेच या प्रत्येक विचारात "हत्ती आणि सहा आंधळे" या कथेतील एकांगीपणाचा दोषही आहे. याखेरीज एका अत्यंत मूलभूत अशा समस्येकडे या तीनही विचारसरणींचे दुर्लक्ष झाले असून, शिक्षणाचे सर्वांत महत्त्वाचे उद्दिष्ट कोणते या प्रश्नाची पुन्हा एकवार चिकित्सा करणे आवश्यक आहे, असे मला वाटते. या प्रश्नाचा ऊहापोह करण्यापूर्वी वरील तीनही विचारसरणींतून निर्माण झालेल्या प्रकल्पांचे काही अनुभव लक्षात घेणे उद्‌बोधक ठरेल.

औपचारिक शिक्षणपद्धतीतील सुधारणा

टाटा इन्स्टिटयूट ऑफ फंडामेण्टल रिसर्च या संस्थेतील होमी भाभा विज्ञान शिक्षण केन्द्राने महाराष्ट्राच्या ग्रामीण भागात औपचारिक शिक्षणपद्धतीत सुधारणा घडवून आणण्याचा एक संशोधन प्रकल्प १९७५ते ७८ या तीन वर्षांत हाती घेतला होता. या प्रकल्पाचे वैशिष्टय असे की, ग्रामीण विभागातील प्राथमिक शाळांची परिस्थिती, शिक्षकांची गुणवत्ता, पाठ्यपुस्तके वगैरे सर्व बाबी आहेत तशाच गृहीत धरण्यात आल्या होत्या. अध्यापनपद्धती या एका घटकात बदल घडवून आणण्याचा प्रयत्न केला होता. ग्रामीण विभागात प्राथमिक स्तरावर शिक्षणाच्या सार्वत्रिकीकरणामुळे, ज्या घरांतून शालेय शिक्षणाचा संस्कार शतकानुशतके झालेला नाही अशा घरांतील मुले बहुसंख्येने पटावर दाखल होत आहेत. त्यांच्या काही खास समस्या असतात. या समस्यांची जाणीव शिक्षकांना करून देऊन त्यांवर मात करण्यासाठी योजिलेली नवीन अध्यापनपद्धती त्यांना शिकवणे, हा सदर प्रकल्पाचा प्रमुख हेतू होता.

इयत्ता पहिलीमध्ये शालेय शिक्षणाची सुरुवात होते, असे आपण गृहीत धरतो. हा समज तितकासा बरोबर नाही. ज्या घरांतून शिक्षणाची परंपरा आहे

अनुक्रमणिका

तेथील मुलांचे शाळेत दाखल होण्यापूर्वी कितीतरी शिक्षण झालेले असते. घरातील सुशिक्षित वडील-धाऱ्यांशी बोलून त्यांची शब्दसंपत्ती वाढलेली असते. आपल्या मनातील विचार त्यांना पूर्ण वाक्यात व्यक्त करता येतो, एवढेच नव्हे तर निरनिराळे भाव असलेले निवेदनही करता येते. उदाहरणार्थ, " मला सिनेमा पहायचा होता, म्हणून मी थिएटवर गेलो; परंतु मला तिकीट मिळाले नाही, त्यामुळे माझी फार निराशा झाली." इतपत निवेदन करता येते. घरी ऐकलेल्या रामायण महाभारतातील गोष्टी, कविता किंवा स्त्रोत्रे यांचे पाठांतर इत्यादी संस्कारांमुळे हा पाया तयार झालेला असतो. याउलट, बहुसंख्य मुलांना मोठ्या माणसांशी बोलण्याची, गप्पा मारण्याची, प्रसंगी वाद घालण्याची संधीच मिळालेली नसते. त्यामुळे मोठ्या माणसांशी बोलण्याचे त्यांना धाडस होत नाही. अगदी साधा प्रश्न विचारला तरी उत्तर देण्याचे धैर्य आणि पूर्ण वाक्य बोलण्याचे कसब नसल्याने ती मुकाट बसतात. शिक्षकही अशा मुलांकडे दुर्लक्ष करून बोलक्या मुलांवर लक्ष केंद्रित करू लागल्यास अबोल मुले कंटाळून शाळा सोडून देतात.

ही सर्व परिस्थिती शिक्षकांना समजावून सांगण्यात आली. जळगाव जिल्ह्यातील खिरोदा आणि त्याच्या परिसरातील पंधरा खेड्यांत राबविण्यात आलेल्या या प्रकल्पात नव्याने शिक्षण घेऊ पाहणाऱ्या या मुलांना बोलके कसे करता येईल, चर्चा करण्याची संधी सर्व मुलांना समान प्रमाणात मिळावी यासाठी काय करता येईल, याचे प्रशिक्षण शिक्षकांना देण्यात आले. दर महिन्याला प्रकल्पातील शाळांना भेटी देऊन शिक्षकांना मार्गदर्शनही करण्यात आले. प्रकल्प विज्ञानशिक्षणासंबंधीचा असल्यामुळे मुले बोलू लागल्यानंतर त्यांच्या दैनंदिन जीवनातील अनुभवांच्या आधारे विज्ञान कसे शिकवावे याचे प्रामुख्याने शिक्षण देण्यात आले. शाळांमध्ये प्रयोगसाहित्य नसते. राज्याचा शिक्षणविषयक अर्थसंकल्प पाहता प्राथमिक स्तरावर भरपूर प्रयोगसाहित्य पुरविणे नजीकच्या काळात शक्य होईल असे वाटत नाही. म्हणून आसपास सहज मिळणाऱ्या, जवळ जवळ टाकाऊ, अशा वस्तू वापरून शैक्षणिकदृष्ट्या उपयुक्त आणि मनोरंजक असे प्रयोग कसे करता येतील याचेही शिक्षण देण्यात आले.

या प्रकल्पाचे तपशीलवार मूल्यमापन करण्यात आले आहे. त्यासाठी लागणारी नवीन मूल्यमापन पद्धती सिद्ध करून शास्त्रीय पद्धतीने हे मूल्यमापन करण्यात आले. त्याचे काही प्रमुख निष्कर्ष येथे देत आहे. शिक्षकांना ही नवी पद्धत खूपच आवडते. वर्गातील बहुसंख्य मुले बोलू लागतात. परंपरेचा आधार असलेली आणि नव्यानेच शाळेत येणारी मुले सारख्याच सफाईने बोलू लागतात. वर्गातील वातावरण पुष्कळच खेळीमेळीचे होऊन विद्यार्थी स्वतःचे अनुभव सांगून चर्चा समृद्ध करू शकतात. त्याच परिसरातील इतर शाळांशी तुलना करून हे निष्कर्ष काढले आहेत. सर्वांत महत्त्वाची गोष्ट अशी की, विज्ञान शिकविताना शिक्षकांना सर्वस्वी पाठ्यपुस्तकांवर अवलंबून राहावे लागत नाही. आपापले अनुभव सांगून विद्यार्थी चर्चा इतकी रंगवितात की, त्यांतून वैज्ञानिक तत्त्व अगदी सुलभतेने स्पष्ट होते. अशा रीतीने विज्ञान आणि भाषा या दोनही क्षेत्रांत बहुसंख्य विद्यार्थ्यांची भरपूर प्रगती होते.

दोन बाबतींत मात्र निराशा दिसते. एक तर जे मुद्दे प्रशिक्षणामध्ये स्पष्ट केले नव्हते, ज्या अनुभवांची पूर्वी कधीही चर्चा झाली नव्हती अशा नवीन गोष्टी शिक्षकांच्या पाठामध्ये सहसा दिसल्या नाहीत. म्हणजेच संकुचित पाठ्यपुस्तकाचा खूप मोठा विस्तार करण्यात प्रकल्पाला यश आले एवढेच. या विस्तारात ग्रामीण अनुभवांना महत्त्वाचे स्थान मिळाले ही बाजू जमेची धरली, तरी शिक्षक स्वतःच्या पायांवर उभे राहून सर्जनशीलतेचा आनंद उपभोगू लागले असे म्हणणे कठीणच. काही पाठांत नव्या गोष्टी दिसत हे खरे, इतर शाळांच्या तुलनेने प्रकल्पातील शाळांत या गोष्टी खूपच अधिक प्रमाणात दिसत हेही खरे. तथापि आपल्या जबाबदारीवर नवीन काहीतरी करण्याचा उत्साह वा तयारी एकूण कमीच. कदाचित हे बी रुजण्यास तीन वर्षे अपुरी पडली असतील. दुसरी निराशा अशी की, प्रयोगविज्ञानाचे भरपूर प्रशिक्षण देऊनसुद्धा वर्गात फारसे प्रयोग होत नसत. एकच प्रयोग किती विविध प्रकारांनी करता येतो

याचे शिक्षण दिलेले असूनही चाकोरीबाहेर जाऊन नवे प्रयोग कोणीही केले नाहीत. एकूण असे दिसते की, प्रयोग केले असता विज्ञानाचे मर्म चांगले समजते यावरच फारसा कुणाचा विश्वास नव्हता. प्रकल्पाचे हे एक मोठे अपयश मानावे लागेल.

भाषेचे असाधारण महत्त्व

खिरोदा प्रकल्पाची सर्वांत मोठी देणगी म्हणजे प्राथमिक स्तरावरील शिक्षणात दुर्बोध भाषेचा अडसर किती मोठा आहे याची स्पष्ट कल्पना आली. या अडसराचे काही मोजमाप घेता यावे म्हणून इयत्ता पाचवी, सहावी आणि सातवीसाठी लाविलेल्या "सामान्य विज्ञान" या पुस्तकांची मराठी भाषा आणि अनुक्रमे त्याच इयत्तांसाठी लाविलेल्या "बालभारती" या मराठीच्या पुस्तकातील मराठी भाषा यांची तुलना करून पाहिली. या तुलनेत असे दिसते की, विज्ञानाच्या पुस्तकातील मराठी भाषा त्याच इयत्तेच्या मराठीच्या पुस्तकातील भाषेपेक्षा अधिक दुर्बोध आहे. विज्ञानाच्या पुस्तकात पारिभाषिक शब्द असतात. असे शब्द अपरिहार्यपणे संस्कृत असतात. त्यामुळे येणारी दुर्बोधता येथे अभिप्रेत नाही. विवेचनाची भाषा अकारण क्लिष्ट केल्यामुळे येणारी दुर्बोधता हा या चर्चेचा विषय आहे. उदाहरणार्थ, "या प्रयोगावरून असे दिसते" याऐवजी "वरील प्रयोगावरून असे दृष्टोत्पत्तीस येते की" असे लिहिल्यामुळे विवेचन उगीचच दुर्बोध होते. संस्कृतप्रचुर भाषेचा हव्यास, लांबलचक वाक्ये, दूरान्वय इत्यादी अनेक दोषांनी विज्ञानाची पुस्तके दुर्बोध झाली आहेत. हे दोष काढून टाकून तीच पुस्तके सोप्या व सुटसुटीत भाषेत लिहिली, तर बहुसंख्य विद्यार्थ्यांचा खूपच फायदा होईल, असे खिरोदा प्रकल्पात वारंवार जाणवले.

नंतर असा प्रयोग पद्धतशीरपणे करण्यात आला. महाराष्ट्र शासन आणि मुंबई महापालिका यांच्या सहकार्याने हाती घेतलेल्या या प्रकल्पात सामान्य विज्ञान इयत्ता ५, ६ व ७ या पुस्तकांच्या सुलभ भाषेतील आवृत्त्या तयार करण्यात आल्या. अभ्यासक्रम, चित्रे, आकृत्या, पारिभाषिक शब्द, फार काय विवेचनाची एकूण शब्दसंख्या यांत फरक न करता फक्त विवेचनाच्या भाषेतील वर सांगितलेले दोष दूर केले. मुंबई महापालिकेच्या २९ प्राथमिक शाळांत (सुमारे १२,००० विद्यार्थी) ही पुस्तके लावण्यात आली. त्याच परिसरातील इतर २९ शाळा तुलनेसाठी निवडल्या असून त्यांत अर्थातच महाराष्ट्र शासनाची मूळची क्रमिक पुस्तकेच वापरण्यात येत आहेत. या प्रकल्पाचे खास वैशिष्ट्य असे की, प्रकल्पातील शिक्षकांना कोणत्याही प्रकारचे प्रशिक्षण देण्यात आलेले नाही. फक्त दुर्बोध पुस्तके काढून त्यांऐवजी सुलभ भाषेतील पुस्तके दिली आहेत.

या प्रकल्पाचा अनुभव फारच चांगला आहे. पुस्तकातील भाषा सोपी असल्यामुळे शिक्षक वर्गात सोप्या भाषेत बोलतात. त्याचा परिणाम म्हणून मुलेही अधिक बोलकी झाली आहेत. वर्गात चर्चा होऊ लागली आहे. त्यामुळे पाठ्यपुस्तकाबाहेरील अनेक अनुभवांची वर्गात दखल घेतली जाते आणि विज्ञानाचा दैनंदिन जीवनाशी असलेला संबंध स्पष्ट होतो. शैक्षणिक प्रकल्पाचे यशापयश परीक्षेतील निकालावर मोजण्याची आपली पद्धत आहे या दृष्टीनेही सदर प्रकल्पास भरघोस यश आले आहे. प्रकल्पातील विद्यार्थ्यांना महापालिकेनेच घेतलेल्या सहामाही व वार्षिक परीक्षांत, तुलनेसाठी निवडलेल्या शाळांतील विद्यार्थ्यांच्या मानाने कितीतरी चांगले गुण मिळाले आहेत. तथापि परीक्षेत चांगले गुण मिळविणे हे काही शिक्षण सुधारल्याचे व्यवच्छेदक लक्षण होऊ शकत नाही. विज्ञानातील संकल्पना मुलांना खरोखरच समजल्या आहेत की नाही, हे पाहण्यासाठी काही खास चाचण्या तयार करण्यात आल्या. या चाचण्यांतील प्रश्न अर्थातच अवघड होते. ज्यांना विषय स्पष्ट समजला आहे, त्यांनाच उत्तरे देता येतील अशा प्रकारचे ते प्रश्न होते. या चाचण्यांत तर, सोप्या भाषेतील पुस्तके वाचणारी मुले आणि दुर्बोध पाठ्यपुस्तके वाचणारी मुले यांच्या गुणांतील फरक अधिकच स्पष्ट झाला.

माझ्या दृष्टीने हा प्रयोग फार महत्त्वाचा आहे. पाठ्यपुस्तके लिहिताना भाषेच्या अंगाकडे अधिक लक्ष पुरविल्याने शासनाच्या तिजोरीवर भार पडत नाही. तसेच या एकाच बदलामुळे अध्ययन–अध्यापन पद्धतीत, वर्गातील वातावरणात, तसेच विद्यार्थ्यांच्या आकलनांत इतका ढोबळ फरक पडत असेल,

तर ही सुधारणा ताबडतोब अमलात आणणे इष्ट ठरेल. अर्थातच केवळ एवढी एकच सुधारणा करून भागणार नाही. परंतु तो मुद्दा नंतर विचारात घेऊ. दुर्बोध भाषेचा अडसर दूर केल्यानंतर समाजातील सर्व स्तरांतील मुले विज्ञानासारखा विषय आत्मसात करू शकतात, हा अनुभव दिलासा देणारा आहे.

अनुसूचित जातीच्या विद्यार्थ्यांचे शिक्षण

प्रज्ञा, प्रतिभा, आकलनशक्ती, सर्जनशीलता इत्यादी गुणांचा ताम्रपट निसर्गाने कोणत्याही जनसमुदायाला लिहून दिलेला नाही. अर्थप्रधान संस्कृतीतील सामाजिक विषमतेमुळे काही गट शिक्षणापासून वंचित राहत असतील, तर तो समाजरचनेचा दोष आहे. अशा गटांतील विद्यार्थ्यांना थोडचाशा प्रगतीसाठीसुद्धा भरपूर प्रोत्साहन द्यावे हे माणुसकीला धरूनच आहे. तथापि त्यांची शालेय जीवनातील गुणवत्ता निरपवादपणे वाढवावयाची असेल, तर अवास्तव प्रोत्साहनावर अवलंबून राहता येणार नाही. त्यासाठी काही संशोधनप्रकल्प आखून खास या गटांसाठी उपयुक्त अशी शिक्षणपद्धती निर्माण करावी लागेल.

असाच प्रयत्न होमी भाभा विज्ञान शिक्षण केंद्र गेली ४ वर्षे करीत आहे. मुंबई महापालिकेच्या माध्यमिक शाळांत इयत्ता ८ वीमध्ये शिकणाऱ्या गरीब आणि अनुसूचित जातीच्या विद्यार्थ्यांपैकी चाचण्या देऊन शिकण्याची इच्छा असलेल्या ४० विद्यार्थ्यांची १९८० साली निवड करण्यात आली. त्यानंतर प्रतिवर्षी अशाच ४० विद्यार्थ्यांची निवड करण्यात आली. हे विद्यार्थी शाळेच्या परीक्षेमध्ये उत्तम यश मिळवत होते असे नाही. त्यांतील बहुसंख्य विद्यार्थी ४० ते ४५ टक्के गुण मिळवणारेच होते. निवडलेले विद्यार्थी आठवड्यातून अर्धा दिवस होमी भाभा विज्ञान शिक्षण केंद्रात प्रशिक्षणासाठी येत. तेथे त्यांना अडीच ते तीन तास मार्गदर्शन करण्यात येई. दिवाळीची व वार्षिक सुटी लक्षात घेता, शैक्षणिक वर्षात सुमारे ३० आठवडे असतात. म्हणजेच या विद्यार्थ्यांचा व आमचा संपर्क वर्षातून सुमारे १०० तास इतका मर्यादित होता. या १०० तासांत त्यांना भौतिकी, रसायनशास्त्र, जीवशास्त्र, बीजगणित, भूमिती आणि इंग्रजी या सहा विषयांचे शिक्षण देण्यात येई.

या प्रकल्पाचा सर्वांत महत्त्वाचा निष्कर्ष असा की, यश आणि अपयश यांतील दरी कितीही मोठी असली, तरी अपयशाची अनेक कारणे क्षुल्लक असू शकतात. काही अगदी साध्या साध्या गोष्टी कोणी स्पष्टपणे न सांगितल्यामुळे त्यांचे बोळे ज्ञानगंगेच्या प्रवाहात अडथळे आणतात. असे अडथळे नेमके हेरून हे बोळे काढून टाकले की प्रवाह आपोआप सुरू होतो. त्यासाठी वेगळे प्रयत्न करावे लागत नाहीत. उदाहरणार्थ, प्रकाशशास्त्र शिकत असताना परावर्तनाच्या नियमाशी बहुसंख्य मुले अडतात. येथे परावर्तनाच्या नियमातील दुर्बोधता आड येत नाही. एक अगदी क्षुल्लक गोष्ट आड येते. आकृती काढताना आरसा म्हणून फक्त एक रेषाखंड काढावा असा संकेत आहे हे त्यांना समजून सांगावे लागते. या प्रकल्पात असे अनेक अडथळे हेरण्यात आले. त्यांचे सविस्तर विवेचन करण्याचे हे स्थळ नव्हे. फक्त एवढेच स्पष्ट करावयाचे आहे की, दारिद्रय आणि सामाजिक विषमता यांमुळे या विद्यार्थ्यांना शाळेत शिक्षकांकडून मिळणाऱ्या मार्गदर्शनावरच संपूर्णपणे अवलंबून रहावे लागते. त्यांच्या मनातील क्षुल्लक परंतु शिक्षणात अडथळा आणणाऱ्या शंकांची शिक्षकांना कल्पनाच नसल्यामुळे योग्य ते मार्गदर्शन केले जात नाही. सारे शिक्षण म्हणजे काहीतरी अतर्क्य गूढ, गौडबंगाल आहे असा विद्यार्थ्यांचा ग्रह होतो. काही ठरावीक मुलांना हटकून पैकीच्या पैकी गुण मिळतात, आपल्या वाटचाला कधीही यश येत नाही आणि यात आपले चुकते काय हे कधीच समजत नाही. अशा अवस्थेत ही मुले निराश होतात. याबाबत योग्य ते मार्गदर्शन केल्यास अल्पावधीतच त्यांची किती प्रगती होऊ शकते हे पुढील तक्त्यावरून दिसून येईल. यावर अधिक भाष्य करण्याची आवश्यकता नाही. (तक्ता पृ. १११ वर पहा.)

अनौपचारिक शिक्षणपद्धती

प्राथमिक स्तरावर पहिल्या दोन इयत्तांतच गळतीचे प्रमाण फार मोठे असल्यामुळे, औपचारिक शिक्षणपद्धतीतील सुधारणा संशोधनप्रकल्प म्हणून आकर्षक वाटल्या आणि त्यामुळे शालेय शिक्षणपद्धती काही अंशी सुधारली. तरीसुद्धा, अशा सुधार-

अनुक्रमणिका

तक्ता

१९८३ आणि १९८४ साली झालेल्या शालांत परीक्षेत प्रकल्पातील विद्यार्थ्यांच्या दोन तुकड्यांनी मिळविलेल्या गुणांचे श्रेणीवार वर्गीकरण. तुलनेसाठी महानगरपालिकेच्या शाळांतील [मनपा] विद्यार्थ्यांच्या गुणांची सरासरी दिली आहे.

विषय	उत्तीर्ण होणाऱ्या विद्यार्थ्यांची टक्केवारी			
	प्रथम श्रेणी	द्वितीय श्रेणी	तृतीय श्रेणी	नापास
विज्ञान	८१ ८३ १९ [मनपा]	१९ १४ ३६ [मनपा]	० ३ २४ [मनपा]	० ० २१ [मनपा]
गणित	५९ ६७ १० [मनपा]	२२ १९ १४	१६ ८ १६ [मनपा]	३ ६ ५९ [मनपा]
इंग्रजी	३१ १९ ६ [मनपा]	२८ २५ १० [मनपा]	३१ ५० ३१ [मनपा]	९ ६ ५४ [मनपा]
सर्व विषयांतील गुणांची बेरीज	५० ५३ ५ [मनपा]	४१ ३६ २२ [मनपा]	९ ८ २९ [मनपा]	० ३ ४५ [मनपा]

णांची फळे बहुजनसमाजापर्यंत जाऊन पोहोचू शकत नसल्यामुळे शिक्षणाचे खऱ्या अर्थाने सार्वत्रिकीकरण होत नाही. निम्म्याहून जास्त मुले अशिक्षितच राहतात. ग्रामीण भागातीस अशिक्षित मुलींचे प्रमाण तर ७५% आहे. अशा परिस्थितीत शिळ्या कढीला पुन्हा ऊत आणण्यापेक्षा काही नवीन योजना आखली पाहिजे, अशा विचारातून अनौपचारिक शिक्षणपद्धतीचा जन्म आणि विकास झाला.

अनौपचारिक शिक्षणपद्धतीची ठळक वैशिष्ट्ये साकल्याने पाहिली पाहिजेत. शाळेची बदललेली वेळ हे फक्त एक वैशिष्ट्य आहे, अनौपचारिक शिक्षणपद्धतीचे ते सर्वस्व नव्हे. इतर वैशिष्ट्येसुद्धा लक्षात घेतली पाहिजेत. उदाहरणार्थ, औपचारिक शिक्षणपद्धतीत विद्यार्थी दहा वर्षे सातत्याने शाळेत येणार आहे असे गृहीत धरून अभ्यासक्रमाची आखणी केलेली असते. अनौपचारिक शिक्षणपद्धतीत एक-दोन वर्षांहून अधिक मुदतीचे नियोजन करता येत नाही. प्रदीर्घ मुदतीच्या अभ्यासक्रमात पाठ्यक्रमाची उपयुक्तता यथावकाश, प्रसंगी शेवटी सिद्ध झाली तरी चालते. अनौपचारिक शिक्षणक्रमात प्रत्येक गोष्टीच्या उपयुक्ततेचा पडताळा तत्काळ यावा लागतो. वर्षा-दोन वर्षांत जे ज्ञान द्यावयाचे ते इतके प्रभावी हवे की, त्याच्या साहाय्याने विद्यार्थ्याला स्वतःच्या पायावर उभे राहून, शिक्षकाच्या मदतीविना शिकत राहता आले पाहिजे. आणखीही एक मुद्दा महत्त्वाचा आहे. औपचारिक शिक्षणात काही माहिती वा कौशल्ये पुढील इयत्तांत उपयोगी पडतील म्हणून दिली जातात. विद्यार्थीसुद्धा तक्रार न करता सर्व काही शिकतात. अनौपचारिक शिक्षणपद्धतीत हा निकष चालत नाही. म्हणजेच, पुढील इयत्तांसाठी तयारी करणे हा उद्देश मागे पडून, जीवनकलहात यशस्वी होण्यासाठी तयारी करणे हा उद्देश महत्त्वाचा ठरतो. याचाच आणखी एक अर्थ असा की,

सावकाश आणि सातत्याने तसेच हळूहळू चढत्या भाजणीने विकसित होणारी अध्यापनपद्धती येथे लागू पडत नाही. प्रत्येक पाठ्यमुद्दा लहान, स्वयंपूर्ण आणि तत्काळ उपयोगी पडणारा असावा लागतो.

अनौपचारिक शिक्षणपद्धतीचे अनेक प्रयोग आपल्या देशात चालू आहेत. "कॉम्प्रिहेन्सिव्ह ॲक्सेस टू प्रायमरी एज्यूकेशन" यातील इंग्रजी आधाक्षरे घेऊन बनविलेला ''केप'' नावाचा अभ्यासक्रम राष्ट्रीय पातळीवर राबविण्यात येत आहे. या अभ्यासक्रमात द्यावयाची माहिती आणि कौशल्ये काही परिचित घटनांभोवती गुंफलेली असतात. उदाहरणार्थ, राम आणि श्याम हे दोन उत्साही परंतु अशिक्षित तरुण उपजीविकेसाठी चहाचा स्टॉल उघडण्याचे ठरवितात. मग चहाचा स्टॉल उघडणे, त्यासाठी बँकेकडून कर्ज मिळविणे, गिऱ्हाइकांना आकर्षित करण्यासाठी चहाबरोबर काही खमंग खाद्यपदार्थ पुरविणे, चहा तसेच हे पदार्थ कसे तयार करावेत याची माहिती, हिशोब कसे ठेवावेत याची माहिती इत्यादी गोष्टींवर लहान-लहान सचित्र पुस्तिका तयार करण्यात आल्या आहेत. विद्यार्थ्यांचे अनेकविध अंगांनी शिक्षण व्हावे हा यामागचा हेतू. तसेच परसदारी भाजीपाला काढणे, सुतारकाम इत्यादी अनेक घटनांभोवती अशा प्रकारचा अभ्यासक्रम गुंफण्यात येतो. या अभ्यासक्रमात एकूण किती विद्यार्थी सहभागी झाले आहेत, देशात अशा प्रकारच्या किती शाळा उघडल्या आहेत वगैरे माहिती उपलब्ध असली तरी, त्यामुळे शिक्षणाचे उद्दिष्ट कितपत साध्य होत आहे, याचे पद्धतशीर मूल्यमापन झालेले नाही.

अनौपचारिक शिक्षणाचा अद्याप साचा बनलेला नाही ही एक जमेची बाजू. त्यामुळे या क्षेत्रात विविध प्रयोग होत आहेत. अशाच एका प्रयोगात होमी भाभा विज्ञान शिक्षण केन्द्र सहभागी झाले आहे. पुण्याच्या "इंडियन इन्स्टिटयूट ऑफ एज्यूकेशन" या संस्थेने सुरू केलेल्या प्रकल्पात विज्ञान शिक्षणाची बाजू सांभाळण्याचे कार्य गेली दीड वर्षे होमी भाभा केन्द्र करीत आहे. अनौपचारिक शिक्षणक्षेत्रात विज्ञानाचा अंतर्भाव करण्यात दोन प्रमुख धोरणे होती. प्रथम विद्यार्थ्याला साक्षर करायचे आणि मग साक्षरतेच्या माध्यमातून इतर विषय शिकवायचे. या कार्यक्रमाचे अपयश आता स्पष्ट झाले आहे. मजकूर वाचून ज्ञान संपादन करण्यासाठी पुरेशी साक्षरता मिळवायला बरेच कष्ट पडतात आणि वेळही खूप लागतो. अनौपचारिक शाळेत येणारी काहीशी प्रौढ मुले, तसेच प्रौढ शिक्षण योजनेतील स्त्री-पुरुष यांना साक्षर करेपर्यंत प्रकल्पच संपतो. अक्षरांची ओळख पक्की करण्यासाठी, या वर्गाला वाचनीय वाटेल असे वाचनसाहित्यही उपलब्ध नसते. परिणामतः मूळ धरण्याच्या आतच ही साक्षरता कोमेजून जाते आणि असे शैक्षणिक कार्यक्रम अल्पजीवी ठरतात. म्हणून या प्रकल्पात आधी साक्षरता आली पाहिजे असा हट्ट न धरता उपयुक्त माहिती देऊन वाचनाची गोडी निर्माण करावी असा प्रयत्न करण्यात येत आहे.

चालू युग हे विज्ञानाचे आहे. त्यामुळे दैनंदिन जीवनातील कितीतरी व्यवहार विज्ञानावर आधारलेले आहेत. या व्यवहारांची माहिती सचित्र पुस्तिकांच्या मदतीने दिल्यास अनायासे शिक्षण होऊन वाचनाची गोडी उत्पन्न होईल असे वाटले. पुस्तिकांसाठी विषयांची निवड करताना इयत्ता सातवीपर्यंतचा अभ्यासक्रम विचारात घेतला. त्यातील जी माहिती तत्काळ व्यवहारोपयोगी नव्हती ती काढून टाकली आणि व्यवहारामध्ये अत्यंत उपयोगी परंतु पाठ्यपुस्तकांत नसलेली अशी माहिती समाविष्ट केली. आपले शरीर, त्याचे अवयव, त्यांची निगा, साथीचे रोग, स्वच्छता, आरोग्य, पोषण, आहार, कपडे, पर्यावरण, पाण्यासंबंधीची काळजी, नेहमीच्या वापरातील यंत्रे व त्यांची देखभाल अशा अनेक मुद्द्यांवर एक एक याप्रमाणे शंभर सचित्र पुस्तिका तयार करण्यात आल्या. या पुस्तिका पाठ्यपुस्तकाप्रमाणे वाचावयाच्या नाहीत. त्या मुलांच्या समोर टाकून शिक्षकांनी गप्पागोष्टी करीत त्यातील मजकुराकडे प्रथम लक्ष वेधून घ्यावे आणि नंतर वाचावयास शिकवावे अशी योजना होती. त्यासाठी शिक्षकांना प्रशिक्षण देण्यात आले.

इंडियन इन्स्टिटयूट ऑफ एज्यूकेशन असे अनौपचारिक वर्ग गेली चार-पाच वर्षे चालवीत आहे. तथापि होमी भाभा विज्ञान शिक्षण केन्द्राच्या सह-

अनुक्रमणिका

कार्याने विज्ञान शिक्षणाचा अंतर्भाव गेल्या दीड वर्षातच करण्यात आला आहे. या दीड वर्षात जे काही ठळक अनुभव आले त्यांची नोंद करणे उद्बोधक ठरेल. पहिला अनुभव असा की, विज्ञानावर आधारलेली ही माहिती सर्वांना हवी असते. काही खास विषयांची मागणी विद्यार्थी आणि शिक्षक यांनी केली. माहिती सांगून झाल्यानंतर तसेच यथावकाश वाचता येऊ लागल्यानंतर पुस्तिकांचे आकलन किती होते, याच्या चाचण्या घेण्यात आल्या. तेव्हा औपचारिक आणि अनौपचारिक पद्धतीने शिक्षण घेणाऱ्या विद्यार्थ्यांच्या आकलनात फारसा फरक दिसून आला नाही. तसेच पुस्तिकांतील मजकुरांचे आकलन साक्षरतेवर अवलंबून नसते, म्हणजे निरक्षर मुलांना पुस्तिका वाचून दाखवल्या तर त्यांनाही त्याचे आकलन होते असे आढळून आले. याचाच अर्थ असा, की आसपास घडणाऱ्या घटनांचा अर्थ समजण्याइतके विज्ञान शिकवावयाचे असेल, तर साक्षरतेसाठी अडून बसण्याचे कारण नाही. एवढेच नव्हे तर मुलांना शिक्षण घेण्यास प्रवृत्त करण्यासाठी अशा माहितीचा उपयोग होऊ शकतो.

साक्षरतेच्या बाबतीतील अनुभवही सांगण्यासारखा आहे. सामान्यपणे अक्षरे ओळखणे, जोडाक्षररहित शब्द वाचणे, अशा शब्दांची वाक्ये आणि नंतर परिच्छेद वाचणे, आणि त्यानंतर जोडाक्षरांचे शब्द, वाक्ये व परिच्छेद वाचणे अशी साक्षरतेची शिक्षणपद्धती आखली होती. वर्ग सुरू झाल्यापासून सहा महिन्यांनी परीक्षा घेतली असता जवळजवळ निम्म्या मुलांना साधे, जोडाक्षरविरहित शब्दही वाचता येत नाहीत, असे दिसून आले. परंतु यात नाउमेद होण्यासारखे काहीही नाही. कारण याच मुलांना आणखी २-३ महिन्यांतच बऱ्यापैकी वाचता येऊ लागते. वाचता येत नाही आणि वाचता येते यांतील फरक अवघ्या दोन-तीन आठवड्यांत भरून निघतो. पहिले काही महिने धीर न सोडता शिकवत रहावे लागते. अर्थातच हा अनुभव काही वर्गांपुरताच मर्यादित आहे. असाच अनुभव इतर वर्गांतूनही येतो किंवा कसे हे पडताळून पाहण्याची संधी येत्या २-३ महिन्यांत मिळेल तेव्हा हा अनुभव मूल्यमापनाच्या कसोटीवर पारखून घेता येईल.

प्रयोगांच्या बाबतीत मात्र या प्रकल्पातही निराशाच झाली. अगदी साधेसाधे प्रयोग बिनखर्चाने करता यावेत म्हणून अगदी सुटसुटीत अशी साहित्याची पेटी तयार केली होती. पेटीतील साहित्य कसे वापरावे याचे प्रशिक्षणही शिक्षकांना दिले होते. तथापि हे साहित्य वर्गात वापरले जात नाही याचा वारंवार अनुभव आला. असे का होते, याची चर्चा नंतर करू.

प्रकल्पाचा एकूण अनुभव फार चांगला आहे. शाळेत तग धरू न शकलेली वयस्कर मुले, विशेषतः मुली, या शाळांत मोठ्या आनंदाने येतात, हसतखेळत शिकतात. जे शिकतात ते त्यांना आणि त्यांच्या पालकांना आवडते. हे यश क्षुल्लक मानू नये; कारण या शाळेत शिकणे वाटते तितके सोपे नाही. मुले दमलेली, वेळ रात्रीची, कंदिलाचा अपुरा प्रकाश, शालान्त परीक्षेपर्यंतही मजल गाठू न शकलेले शिक्षक, तुटपुंजे साहित्य या सर्व अडचणी असूनही मुले–मुली येतात. आरोग्य, स्वच्छता, अन्नपाणी, प्रथमोपचार, यंत्रांचा वापर इत्यादी माहिती करून घेतात. मिळालेली माहिती घरी पालकांना आणि आपल्या मित्रांना सांगतात, आपल्या सवयींत इष्ट तो बदल करण्याचा प्रयत्नही करतात. काही मुलांची तर पत्र लिहिण्याएवढी प्रगती होते. हे सारे कौतुकास्पद आहे. परंतु या शिक्षणपद्धतीच्या मर्यादाही आता स्पष्ट होत आहेत.

अनौपचारिक शिक्षणपद्धती ही एक पर्यायी शिक्षणपद्धती आहे असे मानले जाते. प्रसंगी अगदी प्रचारकी थाटाने हे मत ठासून मांडले जाते. पर्याय कशाला, याची आता चिकित्सा करणे आवश्यक आहे. माझ्या मते शिक्षणाच्या संपूर्ण अभावाला हा पर्याय आहे. कारणे कोणतीही असोत, ज्यांना औपचारिक शिक्षणपद्धतीत तग धरून उपजीविकेचे साधन मिळविण्याइतपत शिक्षण घेता येत नाही, त्यांच्यापुढे निरक्षर आणि म्हणून अडाणी राहणे हा एकच मार्ग मोकळा होता. अनौपचारिक शिक्षणपद्धती या अनिष्ट मार्गाला उत्तम पर्याय देऊ शकते. टिकून राहील इतपत साक्षरता आणि अडाणीपणाचा दोष न यावा इतपत व्यवहारज्ञान या पद्धतीने देता येते यात शंका नाही. तथापि परंपरेने आणि अनेक वर्षांच्या अनुभवाने विकसित

अनुक्रमणिका

झालेल्या औपचारिक शिक्षणपद्धतीला पर्याय म्हणून या पद्धतीकडे पाहता येणार नाही.

दुसरा एक समज असा की, अनौपचारिक शिक्षणपद्धती खूपच स्वस्त आहे. शालेय शिक्षण-पद्धतीवर होणाऱ्या खर्चाकडे बोट दाखवून असे सांगण्यात येते की, यापेक्षा कितीतरी कमी खर्चाची अनौपचारिक पद्धती सर्वत्र रूढ करावी. केवळ आकडेवारी पाहता या विवेचनात तथ्य आहे असे वाटेल; परंतु या विधानाच्याही मर्यादा तपासून पाहिल्या पाहिजेत. आज अनौपचारिक शिक्षणाचे वर्ग, वर्ष दोन वर्षांसाठी चालविले जातात. तेथे शिकविणारे शिक्षक, अल्पशिक्षित असल्यामुळे म्हणा किंवा उत्साह, सामाजिक जाणिवा इत्यादींनी भारलेले असल्यामुळे म्हणा, अत्यल्प मानधनावर संतोषाने काम करतात. अभ्यासक्रमाचा आवाकाही मर्यादितच असतो. तसेच पाहिले तर आई-वडील कितीही मागास आणि अशिक्षित असले तरी त्यांची मुले कुटुंबात राहून सहवासाने, तसेच त्यांच्याबरोबर रोजंदारीवर जाऊन काही शिक्षण मिळवू शकतात. त्यापेक्षा दोन-चार पायऱ्या वर, एवढीच प्रगती एखाद्या शिक्षणपद्धतीला साधावयाची असेल तर गोष्ट वेगळी. यापुढील उच्च शिक्षणाचा विचार करावयाचा झाल्यास ही यंत्रणा तकलादू आहे याचा अनुभव येईल. दर दहा-पंधरा विद्यार्थ्यांमागे एक शिक्षक, मुलांच्या कलाने आणि त्यांना पचेल अशा गतीने हसतखेळत शिक्षण द्यावयाचे असा निश्चय करून शालान्त परीक्षेपर्यंत मजल गाठावयाची झाल्यास ते काम खूपच खर्चाचे होईल. प्रचलित शिक्षणपद्धतीला पर्याय म्हणून आणि बहुसंख्य मुलांसाठी म्हणून अशी पद्धत अंमलात आणणे जवळजवळ अशक्य आहे. अनौपचारिक शिक्षणपद्धतीवर टीका करण्यासाठी हे लिहिलेले नाही. तिच्या मर्यादा न ओळखल्यास विनाकारण अपेक्षा वाढतील आणि अपेक्षाभंगाच्या निराशेतून शिक्षणविषयक सर्वच प्रयोगांबद्दल सामाजिक अनास्था, कदाचित तिरस्कार वाढेल असे वाटल्यावरून हे विवेचन केले आहे.

शिक्षणाची काही उद्दिष्टे

शिक्षणविषयक काही प्रकल्पांचा आढावा घेतला. शिक्षणप्रणाली कोणतीही असो, आपले बहुसंख्य विद्यार्थी पढीक बनतात, विज्ञानाची पोपटपंची करतात, परंतु वैज्ञानिक बनत नाहीत अशी तक्रार आपण नेहमी ऐकतो. असाही एक अनुभव येतो की, पदवीधरांची संख्या प्रचंड असली तरी तज्ज्ञ माणसे विरळाच. असे का होते ? अध्ययन-अध्यापनपद्धतीत थोडयाबहुत सुधारणा घडवून हा प्रश्न सुटणार नाही. त्यासाठी हुकलेली काही उद्दिष्टे आणि काही नव्या हुमींचा बेसुमार पगडा यांचा विचार करावा लागेल.

सामान्यपणे सुशिक्षित, विद्वान आणि अशिक्षित यांच्यामध्ये एक मोठा फरक कोणालाही जाणवेल इतका स्पष्ट दिसतो. सुशिक्षितांची भाषा अधिक समृद्ध असते. येथे समृद्ध ही संज्ञा केवळ शब्दसंख्येच्या संदर्भात वापरलेली नाही. अमूर्त संकल्पना, कार्यकारणभावाचे स्पष्ट दिग्दर्शन इत्यादी अनेक अंगांनी ही भाषा समृद्ध असते. मानसशास्त्रज्ञ सांगतात की, विचारांची झेप आणि भाषेचे सामर्थ्य परस्परावलंबी असतात. शतकानुशतके जमीन करणारा शेतकरी घटत्या उत्पादनफलाच्या सिद्धांताला जन्म देऊ शकत नाही. भाषेची समृद्धी वाढल्यावरच हे कार्य होते. जनसामान्यांची भाषा गोष्ट सांगणारी (कथेकरी) असते. या भाषेत सामान्य व्यवहारही करता येतात. परंतु अशी भाषा 'स्थिर' असते. तिच्यात संपूर्ण नवीन विचार, नवीन तत्त्वे निर्माण होत नसतात. यासाठी प्रतिभासंपन्न "चर" भाषेची गरज असते. याचा अनुभव सर्व क्षेत्रांत येतो. कथा, स्तुती, जनसामान्यांचे भावविश्व यांतून कवितेला बाहेर काढण्याचे सामर्थ्य एखाद्या मर्ढेकरांचेच. त्यांची 'चर' भाषा पचनी पडेपर्यंत दुर्बोध वाटत राहते. आपला समाज परावलंबी राहू नये, विज्ञान-तंत्रज्ञान यांसह ज्ञानाच्या सर्व क्षेत्रांत या भारतवर्षांत नवनिर्मिती व्हावी अशी आपली ईर्षा असेल, तर "स्थिर" भाषेकडून "चर" भाषेकडे प्रवास हे शिक्षणाचे एक प्रमुख उद्दिष्ट असले पाहिजे.

परंतु पाश्चात्त्यांच्या अंध अनुकरणाने आपण नेमक्या उलट दिशेने जात आहोत. भाषेचे शिक्षणातील स्थान अगदीच गौण झालेले आहे. भावी इंजिनिअरला, या अभ्यासक्रमास प्रवेश देताना तुझे भाषेचे गुण लक्षात घेतले जाणार नाहीत असे आश्वासन देताना, या धोरणाचे दुष्परिणाम किती





अनुक्रमणिका

गंभीर होतील याची जाणीव आम्हास झालेली नाही. दुसऱ्या महायुद्धात अमेरिकन रंगरूटांना काही कौशल्ये झटपट शिकवण्यासाठी अनेक नव्या पद्धती अमलात आणल्या. उदा., दोन आठवड्यांत नवी भाषा शिकविणे वगैरे. युद्धासारख्या आणीबाणीच्या प्रसंगी तसेच स्पष्ट आणि अगदीच मर्यादित असताना अशा प्रशिक्षणपद्धती अमलात आणता येतात. परंतु भावी पिढीचे शिक्षण आणि अमेरिकन रंगरूटांचे प्रशिक्षण यांतील फरक ओळखण्याचा पोच राहिला नाही. जी गोष्ट शिक्षणाची तीच परीक्षेची. बहुपर्यायी प्रश्नपद्धती इतकी बोकाळली की, खरी सखोल परीक्षा अशक्यच झाली आहे. विद्यार्थ्यांना भरममाट गुण मिळतात आणि तीच आपली खरी गुणवत्ता आहे असा भ्रम होतो. दुर्दैवाची गोष्ट अशी की, ज्या ज्या गोष्टी बुद्धीला पैलू पाडू शकत असत त्या सर्व गोष्टी शिक्षणक्रमातून पद्धतशीरपणे हद्दपार करण्यात आल्या आहेत. भूमितीतील सिद्धता, प्रमेयावरील उदाहरणे, व्याकरण, संस्कृत अशी किती उदाहरणे द्यावी ?

समाजातील सर्व घटकांना शिक्षण घेण्याचा हक्क आहे, सामाजिक विषमतेमुळे काही दुर्बल घटकांना हा हक्क बजावता येत नसेल, तर त्यांच्या मदतीला आपण धावून गेले पाहिजे हे सारे खरे; परंतु विद्या सर्वांना उपलब्ध आणि साध्य आहे हे सांगताना ती कष्टसाध्य आहे या गोष्टीकडे दुर्लक्ष होऊ नये. विनासायसाने शिकता येईल, तेवढेच सर्वांना शिकवू हे धोरण आत्मघातकी ठरेल; ठरत आहे.

शिक्षणक्षेत्रात संशोधनाची गरज

शिक्षणक्षेत्रात काही मूलभूत संशोधनाची गरज आहे. मुलांच्या मनात संकल्पना कशा तयार होतात, मुले भाषा कशी शिकतात इत्यादी विषयांत आपल्याकडे दर्जेदार संशोधन होतच नाही. अध्यापक महाविद्यालये आणि विश्वविद्यालयातील शिक्षणक्षेत्रातील विभाग यांच्या दर्जाबद्दल न बोललेलेच बरे. या क्षेत्रात प्रगती होणे किती निकडीचे आहे याचे एक उदाहरण देऊन हे विवेचन संपवू. विज्ञानशिक्षणात प्रयोग करण्यास फार महत्त्व आहे. परंतु एखादा प्रयोग का करावा या प्रश्नाला मिळणाऱ्या उत्तराचा साचा एकच. फलाण्या शास्त्रज्ञाने दोनशे वर्षांपूर्वी तो प्रयोग केला म्हणून, किंवा अभ्यासक्रमातील एखादे तत्त्व त्या प्रयोगाने पडताळून पाहता येते म्हणून. खरे म्हणजे, आसपास घडणाऱ्या घटनांचा अर्थ लावण्याचे काम मुले आपापल्या मगदुराप्रमाणे करीत असतातच. अगदी अलीकडे झालेल्या संशोधनात आढळलेला एक किस्सा पहा. दगड पाण्यात का बुडतो ? असा प्रश्न विचारला असता काही मुलांनी, "पाणी पुरेसे नाही म्हणून" असे उत्तर दिले. ही मुले समुद्रकाठी राहणारी असून, ओहोटीच्या वेळी होड्या वाळूवर टेकलेल्या दिसतात आणि भरतीच्या वेळी त्या तरंगतात हे त्यांनी पाहिलेले होते. या अनुभवावर त्यांनी आपली उपपत्ती बसवली होती. याचाच अर्थ असा की; अशा बालिश विज्ञानाचा शोध घेऊन, जेणेकरून, त्यांना आपल्या उपपत्तीचा फेरविचार करावा लागेल असे नवे अनुभव देणे हा प्रयोगाचा एक प्रधान हेतू असला पाहिजे. अशा प्रकारच्या प्रयोगांनी विज्ञानाचे आकलन तर होईलच; शिवाय नवीन माहिती उपलब्ध झाल्यावर आपली जुनी उपपत्ती तपासून पहावी असा संस्कारही होईल. मला वाटते असे प्रयोग उत्साहाने केले जातील. अशा प्रयोगावर आधारलेला कार्यक्रम तयार करण्यासाठी मूलभूत संशोधनाची नितांत गरज आहे. असे संशोधन न करता त्याच जुन्यापुराण्या प्रयोगांसाठी स्वस्त साहित्य निर्माण करून शिक्षणात आमूलाग्र सुधारणा होणार नाही. शिक्षणाचे, विशेषतः विज्ञानशिक्षणाचे सार्वत्रिकीकरण करण्याच्या दृष्टीने असे नवे प्रयोग सिद्ध करणे ही आजची निकडीची गरज आहे.



अनुक्रमणिका







राज्य मराठी विकास संस्थेद्वारे संगणकीकृत



द्वारा प्राज्ञपाठशाळामंडळ, वाई


मराठीचा विकास: महाराष्ट्राचा विकास


नवभारत
७५
अमृतमहोत्सवी
वर्ष

अनुक्रमणिका

अनुक्रमणिका


मराठीचा विकास: महाराष्ट्राचा विकास

नवभारत
७५
अमृतमहोत्सवी
वर्ष


मराठीचा विकास: महाराष्ट्राचा विकास


नवभारत
७५
अमृतमहोत्सवी
वर्ष



राज्य मराठी विकास संस्थेद्वारे संगणकीकृत



द्वारा प्राज्ञपाठशाळामंडळ, वाई

अनुक्रमणिका

मराठी विश्वकोश

"विज्ञान व तांत्रिक" तसेच "समाजशास्त्रे व मानव्यविद्या" या विषयांतील मानवी ज्ञान मराठी भाषेत उपलब्ध करून देण्याचा महाराष्ट्र राज्य मराठी विश्वकोश निर्मिती मंडळाचा अभिनव उपक्रम.

प्रत्येकी सुमारे ११०० पृष्ठांचे २० खंड.

१ ते ११ खंड विक्रीस तयार, खंड १२ लवकरच विक्रीस उपलब्ध होत आहे.

उर्वरित खंड प्रकाशनाच्या मार्गावर !

किंमत : एक खंड रु. १००/– व २० खंडांचा संच रु. २,०००/–

अ) शासनमान्य शैक्षणिक संस्था, संशोधन संस्था, ग्रंथालये, तसेच आता इतर सर्वच विश्वकोश वाचकांना ३० टक्के सवलत म्हणजे प्रत्येक खंड रु. ७०/– ला आणि २० खंडांचा संच रु. १४००/– ला.

ब) **महाराष्ट्र शासनाच्या प्रकाशनाचे अधिकृत विक्रेते तसेच पाठ्यपुस्तक मंडळाचे अधिकृत विक्रेत्यांना ३७ टक्के सूट.**

विश्वकोश खरेदीसंबंधी चौकशी :

सचिव,
महाराष्ट्र राज्य मराठी विश्वकोश निर्मिती मंडळ,
एल्मा हटमेंट, "डी" ब्लॉक, आझाद मैदान, मुंबई–४०० ००१.

अंक विक्रीसाठी खालील विक्री केंद्रांवर उपलब्ध :

व्यवस्थापक, पाठ्यपुस्तक भांडार व वितरण केंद्र–

१) "बालभारती"
१०, उद्योगनगर, स्वामी विवेकानंद मार्ग, गोरेगाव, मुंबई–४०० ०६२.
(दूरध्वनी क्र. ६९४०७१)

२) "बालभारती"
सेनापती बापट मार्ग, पुणे–४११ ००४.
(दूरध्वनी क्र. ५९४६६)

३) "बालभारती"
रवींद्रनाथ टागोर सायन्स कॉलेजसमोर, महाराजाबाग रोड, नागपूर–४४००१२.
(दूरध्वनी क्र. २३०७८)

४) एम.आय.डी.सी. रोड नं. २ व ३,
रेल्वे स्टेशनजवळ,
औरंगाबाद–४३१ ००१.
(दूरध्वनी क्र. ४११०)

Registered No. SAT – 29 and Licenced to post without pre-payment–Licence No. 6

हे मासिक श्री. ग. दीक्षित यांनी दी प्राज्ञ प्रेस, ३१५ गंगापुरी, वाई येथे छापून मे. पुं. रेगे यांनी प्राज्ञपाठशाळा मंडळ, वाई यांच्याकरिता तेथेच प्रसिद्ध केले.





अनुक्रमणिका